CAPSULA ESPACIAL

Revista digital de astronáutica y espacio

Nº 70 - 2021 *capsula-espacial.blogspot.com*

Búsqueda de Vida en el Universo Parte II

Estimados lectores

La búsqueda de vida en el Universo es apasionante, sobre todo desde el punto de vista científico-técnico, en nuestro N° 32, se trataban temas sobre la posibilidad de vida (como la conocemos) en planetas, cometas y meteoritos, entre otras posibilidades; la búsqueda de agua en cuerpos del Sistema Solar, como también un estudio de los distintos tipos de seres extremófilos (bacterias, virus, etc) que viven en la Tierra y que podrían sobrevivir en ambientes hostiles como lo son algunas lunas y planetas.

En este número, dividido en varias secciones, y siendo un complemento del anterior, nos encontraremos con distintos métodos de protección planetaria que existen en caso de la llegada de algún tipo de vida desconocida proveniente del espacio exterior a través del retorno de muestras o un impacto meteorítico; veremos como se previene la contaminación de otros cuerpos del Sistema Solar para que éstos queden prístinos antes de la llegada del ser humano para su correspondiente exploración; las naves que trajeron muestras, desde las misiones Luna, Apollo y Changé-5 desde nuestro satélite, a muestras del viento solar, cometas, entre otros; sabremos de que trata la panspermia y los diversos estudios relacionados a este tema y una lista de mensajes de radio enviados al Universo conteniendo ciencia, divulgación, educación y publicidad, cápsulas del tiempo y objetos dejados en otros cuerpos del Sistema Solar con la esperanza de recibir alguna respuesta. Espero disfruten de la lectura de este espectacular número.

Usted puede colaborar con la revista para la creación de contenidos a través de los botones de donación que posee el Blog.

Muchas gracias

Biagi, Juan

Contactos

https://capsula-espacial.blogspot.com

https://www.instagram.com/capsula_espacial/

r.capsula.espacial@gmail.com

Contenido

Contaminación Lunar y Planetaria

Comité de Contaminación por Exploración Extraterrestre (CETEX)

Protección Planetaria

Protección Planetaria según COSPAR

Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre - Artículo IX (1967)

Contaminación interplanetaria

Categorías COSPAR

Categoría I

Categoría II

Categoría III

Categoría IV

Categoría V

Categoría IVA

Categoría IVB

Categoría IVC

Regiones Especiales de Marte

Categoría V

Restringida

Sin restricciones

Contaminación no biológica

Meteoritos

Ecuación Coleman-Sagan

Misiones con laboratorios de detección de vida enviados a Marte

- **Viking 1 y 2**
- **Mars Pathfinder**
- **Mars Exploration Rover (Spirit y Opportunity)**
- **Mars Phoenix Lander**
- **Mars Science Laboratory (Curiosity)**
- **Mars 2020 (Perseverance)**

Misiones de retorno de muestras extraterrestres

Partículas de viento solar

- **Misión Génesis**

Luna

- **Misiones Luna**
- **Misiones Apollo**
- **Misión Changé-5**

Cometas y polvo interplanetari

- **Misión Stardust**

Muestras de asteroides

- **Misión Hayabuya-1**
- **Misión Hayabuya-2 (asteroide Ryugu)**
- **Misión Osiris-REx**

Panspermia

Mensajes

Noticias SLA

Protección Planetaria

Contaminación lunar y planetaria

Comité de Contaminación por Exploración Extraterrestre (CETEX)

En 1956, en el VII Congreso de la Federación Astronáutica Internacional en Roma, se planteó por primera vez el problema potencial de la Contaminación Lunar y Planetaria.

En 1958 la Academia Nacional de Ciencias (NAS) de Estados Unidos aprueba una resolución declarando

" La Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América insta a los científicos a que planifiquen los estudios lunares y planetarios con gran cuidado y profunda preocupación para que las operaciones iniciales no comprometan y hagan imposible los experimentos científicos críticos ".

Esto lleva a la creación del Comité sobre Contaminación por Exploración Extraterrestre (CETEX) establecido para evaluar la cuestión de una posible contaminación por naves espaciales y formular recomendaciones sobre los procedimientos de cuarentena, el ICSU adoptó las normas propuestas por el CETEX a finales de 1958, recomendó que la Protección Planetaria se transfiriera al recién formado Comité de Investigaciones Espaciales (COSPAR).

En octubre de 1958, un informe emitido por un subcomité del Consejo Internacional de Uniones Científicas (ICSU) describió el primer código de conducta para la Protección Planetaria y recomendó que el recién formado Comité de Investigaciones Espaciales (COSPAR) asumiera la responsabilidad de estas cuestiones; desde entonces, COSPAR ha proporcionado un foro internacional para discutir tales asuntos bajo el término de Cuarentena Planetaria y más tarde la Protección Planetaria, formulando una política de Protección Planetaria COSPAR con requisitos de implementación asociados como estándar internacional para proteger contra la contaminación biológica y orgánica interplanetaria, y luego de 1967, como guía para el cumplimiento del Art. IX del Tratado del Espacio Ultraterrestre de la ONU en esa área.

" La necesidad de esterilización es temporal, Marte y posiblemente Venus deben permanecer sin contaminación solo hasta que sea posible el estudio por parte de naves tripuladas " (por esos años todavía no se tenía mucha información acerca de Venus y se pensaba incluso, que podría ser explorado por seres humanos).

En 1959, la Protección Planetaria se transfiere al recién formado Comité de Investigación Espacial (COSPAR) que en 1964 emite la Resolución 26 afirmando que:

" La búsqueda de vida extraterrestre es un objetivo importante de la investigación espacial, el planeta Marte puede ofrecer la única oportunidad factible para realizar esta búsqueda durante el futuro previsible, la contaminación de este planeta haría que dicha búsqueda sea mucho más difícil y posiblemente incluso daría para siempre un resultado equivocado, se deben tomar todas las medidas prácticas para garantizar que Marte no esté contaminado biológicamente hasta que esta búsqueda se haya llevado a cabo satisfactoriamente, y se coopere en la programación adecuada de experimentos y el uso de técnicas adecuadas de esterilización de naves requerido por parte de las autoridades de lanzamiento de sondas espaciales para evitar dicha contaminación ".

En el concepto de Protección Planetaria, se define como la prevención de la contaminación biológica cruzada entre planetas durante misiones de exploración, existen dos tipos de posibles problemas: la Contaminación Directa, donde los microbios de la Tierra son transportados inadvertidamente a otro planeta por una nave espacial, y la Contaminación Posterior, donde formas de vida extraterrestres montadas en las muestras planetarias en su regreso para su estudio entran a la biosfera terrestre.

En 1967, Estados Unidos, la Unión Soviética y otras naciones firman el Tratado del Espacio Ultraterrestre que exige que siga la exploración de planetas sin su contaminación nociva, y que el medio ambiente de la Tierra debe ser protegido, el tratado generó una política, supervisado por el COSPAR del Consejo Internacional de Uniones Científicas para prevenir la contaminación biológica, ya sea Directa o Posterior, este decía que las naciones debían realizar estudios de los cuerpos del Sistema Solar evitando su contaminación dañina, manipulación y cambios adversos en el medio ambiente, las recomendaciones del COSPAR y del Consejo Internacional de Uniones Científicas fueron cruciales para dar forma a los principios internacionales para la exploración espacial.

La política adoptada por la NASA maduraba en un proceso que incluía a la Junta de Ciencia Espacial (hoy Junta de Estudios Espaciales) de la Academia Nacional de Ciencias, así como a COSPAR, la política expresada en la siguiente declaración de la NASA da una introducción sobre Protección Planetaria:

" La realización de investigaciones científicas de posibles formas de vida extraterrestre, precursores y remanentes no deben estar en peligro. Además, la Tierra debe estar protegida del peligro potencial que representa la materia extraterrestre transportada por una nave espacial que regresa de otro planeta ".

La base legal para la protección planetaria se encuentra en el Artículo IX de este tratado:

" Artículo IX: ... Los Estados Partes en el Tratado realizarán estudios del espacio ultraterrestre, incluida la Luna y otros cuerpos celestes, y los explorarán para evitar su contaminación nociva, como también los cambios adversos en el medio ambiente terrestre que resulten de la introducción de materia extraterrestre y, en caso de ser necesario, adoptar las medidas adecuadas a tal efecto ...".

Desde entonces, este tratado ha sido firmado y ratificado por 104 países, otros 24 lo firmaron pero no lo ratificaron, todos los países actuales que poseen satélites o naves en el espacio lo han firmado y ratificado.

El Tratado del Espacio Ultraterrestre cuenta con un apoyo internacional consistente y generalizado, y como resultado de esto, junto con el hecho de que se basa en la declaración de 1963 que fue adoptada por consenso en la Asamblea Nacional de la ONU, ha adquirido el estatus de ley internacional, por lo tanto, las disposiciones del Tratado del Espacio Ultraterrestre son vinculantes para todos los países, incluso para aquellos que no lo han firmado ni ratificado.

En el caso de Contaminación Directa, se debe interpretar como contaminación nociva, dos revisiones legales llegaron a interpretaciones diferentes de esta cláusula (ambas revisiones no fueron oficiales). Sin embargo, la interpretación actualmente aceptada es que:

" Debe evitarse cualquier contaminación que pudiera resultar un daño a los experimentos o programas de un Estado ".

Protección Planetaria

La Protección Planetaria es un campo que se ocupa de mantener puras y vírgenes las zonas reales o posibles para la vida, la biósfera de un planeta en su zona de vida, su sistema ecológico global e incluye todos sus organismos vivos, así como toda materia orgánica que aún no se haya descompuesto, se centra principalmente en la vida microbiana y en especies potencialmente invasoras, es esencial por varias razones, para preservar la capacidad de estudiar otros mundos tal como existen en sus estados naturales, evitar la contaminación que anularía la capacidad de encontrar vida en otro sitio, si es que existe y asegurar de que se tomen las precauciones para proteger la biósfera terrestre.

La Política de Protección Planetaria del COSPAR es un triunfo de la gobernabilidad tecnológica en la esfera global, esta elaborada por un grupo de expertos científicos y goza de un gran respeto entre la comunidad científica y espacial; dado que el COSPAR es una organización independiente sin ningún mandato legal, la política de Protección Planetaria es un instrumento internacional no vinculante, donde nadie tiene ninguna obligación de cumplir con ellos.

Está vinculada al Artículo IX del Tratado del Espacio Ultraterrestre y su disposición pide evitar la contaminación dañina de la Luna y otros cuerpos celestes, si bien las actividades espaciales más allá de la órbita terrestre han sido dominio exclusivo de las agencias espaciales científicas gubernamentales, lo que ha planteado pocos problemas.

Este documento examina los desafíos a desarrollar y mantener un régimen de protección planetaria eficaz en el caso de las actividades espaciales privadas y generalmente no científicas que comienzan a extender su alcance más allá de la órbita terrestre, implicando examinar las políticas existentes, así como el marco de gobernabilidad en el que se encuentran, también es necesario considerar y comprender la base científica no solo para los detalles de la política en sí, sino también para la necesidad de la misma, también es necesario considerar y comprender la base científica no solo para los detalles de la política en sí, sino también para la necesidad de la misma, esta política ha buscado proteger el entorno espacial de la contaminación dañina que pondría en peligro la integridad de la exploración científica del espacio ultraterrestre, incluida la búsqueda de vida, es anterior al Tratado del Espacio Ultraterrestre de 1967 que habla sobre los principios que rigen las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluida la Luna y otros cuerpos celestes.

Su estatus no vinculante ha permitido un desarrollo flexible y orgánico que permite que se actualice a medida que se desarrolla la comprensión científica, a medida que cambia el orden geopolítico, surgen nuevos desafíos para la gobernabilidad del espacio, esta discusión examina la amenaza que se ha desarrolla con respecto a la Protección Planetaria causada por un cambio en la exploración espacial.

El enfoque tradicional basado en la ciencia para la exploración de los cuerpos celestes ahora está siendo reforzado por actores no gubernamentales y no científicos que buscan realizar actividades comerciales en el espacio ultraterrestre, estos nuevos actores, algunos de los cuales ya han expresado su escepticismo sobre los arreglos actuales, pondrán a prueba la forma en que la protección planetaria estará consagrada en futuras misiones a otros planetas.

Protección Planetaria según el COmmitee on SPAce Research (COSPAR)

El Consejo Internacional de Ciencia fue fundado en 1931 para promover la actividad científica internacional en varias ramas de la ciencia, tecnología y su aplicación en interés de la humanidad; es una de las organizaciones no gubernamentales más antiguas del mundo y representa la evolución y expansión de dos organismos anteriores conocidos como Asociación Internacional de Academias (1899-1914) y el Consejo Internacional de Investigación (1919-1931).

El COSPAR fue establecido por el Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU) en 1958; durante la Guerra Fría cesaron los intercambios científicos entre los países orientales y occidentales, la creación del COSPAR fue el primer paso hacia la cooperación de la ciencia Este-Oeste (esta situación particular explica el modo de nombrar a dos vicepresidentes que no son elegidos sino designados independientemente por las academias de Washington y Moscú)

Luego del lanzamiento de los primeros satélites, se reconoció que la observación de sus órbitas necesitaba de una estrecha cooperación internacional; COSPAR crea una gran cantidad de grupos de trabajo especializados cuyos resultados, actualmente, son publicados periódicamente y sigue sirviendo como el organismo internacional de formulación de políticas sobre Protección Planetaria, es un organismo consultivo del Comité de las Naciones Unidas sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos.

Siguiendo el asesoramiento de su Grupo Consultivo sobre los efectos potencialmente nocivos de experimentos espaciales, COSPAR en 1964 emite la Resolución 26-294:

"La búsqueda de vida extraterrestre es un objetivo importante de la investigación espacial, que el planeta Marte puede ofrecer la única oportunidad factible para realizar esta búsqueda durante el futuro previsible, que la contaminación de este planeta haría mucho más difícil y posiblemente dicha búsqueda incluso evitar para siempre un resultado inequívoco, que se deben tomar todas las medidas prácticas para garantizar que Marte no se contamine biológicamente hasta que esta búsqueda se haya llevado a cabo satisfactoriamente, y que la cooperación en la programación adecuada de experimentos y el uso de naves espaciales adecuadas, requiere técnicas de esterilización por parte de todas las autoridades de lanzamiento de sondas espaciales para evitar la contaminación".

El requisito de proteger los cuerpos celestes naturales ha sido reconocido tanto por las comunidades científicas como legales desde los primeros días de la exploración espacial, pero esto ha llevado a divergencias en el enfoque, el concepto de Protección Planetaria, aunque reconocido por ambas comunidades, es enfatizado por la comunidad legal para preocuparse por la prevención de la contaminación dañina de los cuerpos celestes.

Para la comunidad científica, se refiere a la necesidad de asegurar que los cuerpos celestes vírgenes no sean contaminados por contaminación terrestre biológica u orgánica (Contaminación Directa) para evitar comprometer la búsqueda de vida extraterrestre en el Sistema Solar, también se refiere a la protección de la biosfera terrestre del retorno de materiales extraterrestres biológicos (Contaminación Posterior) estos principios sustentan las prácticas internacionales acordadas que han evolucionado a medida que avanzó la comprensión de los límites de la vida en la Tierra, como también en otras partes del Sistema Solar, y a medida que se fue incrementando la exploración, incluida la detección de vida y misiones de retorno de muestras.

Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre - Artículo IX (1967)

" En la exploración y utilización del Espacio Ultraterrestre, incluida la Luna y otros cuerpos celestes, los Estados Partes en el Tratado se guiarán por el principio de cooperación y asistencia mutua y realizarán todas sus actividades en el espacio ultraterrestre, incluida la Luna y otros cuerpos celestes, teniendo debidamente en cuenta los intereses correspondientes de todos los demás Estados Partes en el Tratado ".

" Los Estados Partes en el Tratado realizarán estudios del espacio ultraterrestre, incluida la Luna y otros cuerpos celestes, y los explorarán para evitar su contaminación dañina y también cambios adversos en el medio ambiente de la Tierra resultantes de la introducción de materia extraterrestre y cuando sea necesario, adoptará las medidas adecuadas a tal efecto ".

" Si un Estado Parte en el Tratado tiene motivos para creer que una actividad o experimento planeado por él o sus nacionales en el espacio ultraterrestre, incluida la Luna y otros cuerpos celestes, causaría una interferencia potencialmente dañina en las actividades de otros Estados Partes en la exploración y exploración pacífica, uso del espacio ultraterrestre, incluida la Luna y otros cuerpos celestes, llevará a cabo las consultas internacionales apropiadas antes de proceder con dicha actividad o experimento."

Muchos países firmaron y ratificaron el Tratado del Espacio Ultraterrestre en 1967, por lo que están legalmente obligados por el requisito del Tratado de evitar la contaminación dañina de la Luna y otros cuerpos celestes, este fue el segundo tratado de no armamento de la Guerra Fría y, en algunos aspectos, se inspiró en su predecesor, el Tratado Antártico, que entró en vigor en 1961, en 1984, COSPAR aceptó la política de protección planetaria revisada que incluía las categorías de misión (I-IV) que se centraban en los cuerpos objetivo y tipos de misión.

Recientemente, COSPAR ha actualizado su Política de protección planetaria, su Preámbulo enuncia lo siguiente:

" Observando que el COSPAR se ha preocupado por las cuestiones de la contaminación biológica y los vuelos espaciales desde sus inicios, y observando que el Art. IX del Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluida la Luna y otros cuerpos celestes, establece que los Estados Partes del Tratado realizarán estudios del espacio exterior, incluida la Luna y otros cuerpos celestes, y realizarán la exploración de ellos para evitar su contaminación dañina y también cambios adversos en el espacio exterior, medio ambiente de la Tierra resultante de la introducción de materia extraterrestre y, cuando sea necesario, adoptará las medidas adecuadas a tal efecto, por lo tanto, COSPAR mantiene y promulga esta política de protección planetaria para la referencia de las naciones espaciales, tanto como un estándar internacional sobre procedimientos para evitar la contaminación de componentes orgánicos y biológicos en la exploración espacial, y para proporcionar pautas aceptadas en esta área para orientar el cumplimiento de la redacción de este Tratado Espacial de la ONU y otros acuerdos internacionales pertinentes, toma nota con aprecio e interés del extenso trabajo realizado por el Panel sobre Normas para la Esterilización de Sondas Espaciales y sus sucesores, el Panel sobre Cuarentena Planetaria y el Panel sobre Protección Planetaria, y acepta que para ciertas combinaciones de misión espacial/objetivo, se impondrán controles de contaminación de acuerdo con un rango específico de requisitos, basado en la siguiente declaración de política: No se debe poner en peligro la realización de investigaciones científicas de posibles formas de vida extraterrestres, precursores y remanentes; además, la Tierra debe estar protegida del peligro potencial que representa la materia extraterrestre transportada por una nave espacial que regresa de una misión interplanetaria ".

El régimen de gobernabilidad espacial, del que forma parte la política de Protección Planetaria de COSPAR se compone de tratados, el Tratado Fundacional del Espacio Exterior, el Derecho Internacional Consuetudinario, las Resoluciones de la Asamblea General de las Naciones Unidas y la política de Protección Planetaria de COSPAR; como Derecho Internacional, el régimen se dirige directamente a los Estados, pero, las actividades privadas y no gubernamentales se rigen por el Derecho Espacial porque, si bien las actividades privadas se rigen directamente por la legislación nacional, estos regímenes nacionales se inscriben en el marco del Derecho Internacional, sobre todo, el régimen especial del Derecho Espacial Internacional.

El Derecho Espacial se desarrolló por primera vez a través del Derecho Internacional Consuetudinario que data al menos de la primera instancia de la práctica estatal, el lanzamiento del Sputnik, fue reforzado por la Declaración de Principios Jurídicos en 1963, pero el Tratado del Espacio Ultraterrestre de 1967 es un hito como instrumento formalmente vinculante o de ley que sirve como base legal para el régimen de gobernabilidad espacial, el Tratado del Espacio Ultraterrestre es un tratado marco que establece principios clave, se ha basado en tratados posteriores que se centran en aspectos específicos, como la elaboración de disposiciones sobre responsabilidad y registro.

El Acuerdo por el que se rigen las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes (Acuerdo sobre la Luna) fue un intento de desarrollar un régimen más detallado y específico para las actividades en la Luna y otros cuerpos celestes, pero a pesar de recibir suficientes ratificaciones para convertirse en un tratado activo, ha sido rechazado por la mayoría de la comunidad internacional, el desarrollo que ha habido ha llegado en forma de derecho internacional consuetudinario e instrumentos no vinculantes o el llamado derecho indicativo, la política de protección planetaria de COSPAR es uno de los principales ejemplos.

Los aspectos clave del Tratado del Espacio Ultraterrestre para la protección planetaria se encuentran en los artículos I, II, III, VI, VIII y IX.

El artículo I declara que todos los Estados son libres de explorar y utilizar el espacio exterior, incluido la Luna y otros cuerpos celestes, esa exploración y uso deben llevarse a cabo en beneficio y en interés de todos los países y los Estados deben facilitar y alentar la cooperación internacional en la investigación científica.

El artículo II prohíbe el ejercicio de la soberanía territorial en el Espacio Ultraterrestre, la Luna y otros cuerpos celestes.

El artículo III estipula que el Derecho Espacial es parte del Derecho Internacional y, por lo tanto, cuando el Derecho Espacial se agota, el Derecho Internacional puede utilizarse para llenar los vacíos, importante para el cumplimiento, ya que significa, entre otras cosas, como no existe un mecanismo específico de resolución de disputas en el Tratado del Espacio Ultraterrestre, los estados pueden hacer uso de la Corte Internacional de Justicia u otras medidas similares.

El artículo VI es vital para el Derecho Espacial Internacional moderno, ya que responsabiliza a los Estados de las actividades de sus nacionales y empresas privadas en el Espacio Ultraterrestre y exige que autoricen y supervisen continuamente esas actividades.

El artículo VIII establece que el Estado en cuyo registro se lleva el objeto espacial conserva jurisdicción y control sobre el objeto espacial y su personal, el estado de registro puede ejercer autoridad legal sobre un objeto espacial (y su personal, si lo tuviera) a pesar del Artículo II.

El artículo IX estipula que los Estados realizarán sus actividades teniendo debidamente en cuenta los intereses correspondientes de todas las demás partes, realizan sus actividades para evitar la contaminación nociva de la Luna y otros cuerpos celestes, así como los cambios en el medio ambiente de la Tierra por la introducción de materia extraterrestre, se alienta a los Estados a participar en consultas internacionales apropiadas para evitar interferencias perjudiciales en las actividades de otros Estados.

Existen políticas de Protección Planetaria, además de COSPAR, que se han implementado y pueden verse como una práctica posterior y ayudan a definir el significado de los términos del Tratado del Espacio Ultraterrestre, la NASA, ESA (Europa) y JAXA (Japón) tienen sus propias políticas internas que solo se aplican a esas agencias y sus misiones asociadas, por lo que las misiones comerciales no están sujetas a esas políticas, los Estados son responsables de las actividades de sus naciones en el Espacio Ultraterrestre debiendo autorizar y supervisar esas actividades, requiriendo que las misiones no gubernamentales eviten la contaminación dañina según el Art. IX.

La práctica de las diversas agencias espaciales debe considerarse como una práctica posterior y, por lo tanto, debe constituir una línea de base de lo que se debe esperar que los estados exijan a los actores no gubernamentales a fin de obtener las autorizaciones necesarias para realizar una actividad espacial. Sin embargo, a menos que esos Estados decidan hacerlo, no hay obligación de implementar las políticas de COSPAR, es importante señalar la amplia aceptación y la adhesión general a los principios y, de hecho, las políticas COSPAR son un respetado conjunto de directrices internacionales impulsadas por la técnica.

El Espacio es un entorno frágil; carece de muchos de los procesos restauradores naturales que existen en el medio terrestre y, por lo tanto, necesita un cuidado especial, el Derecho Internacional General, el Derecho del Mar y el Derecho Ambiental Internacional proporcionan principios y modelos sobre cómo se puede brindar una mayor protección al medio ambiente espacial, es importante colocar el mantenimiento y la protección del entorno espacial a la vanguardia del régimen de gobierno espacial, el Espacio Ultraterrestre ya es una parte importante de la economía mundial y solo se volverá más importante; es imperativo garantizar que el uso del Espacio se realice sobre una base sostenible, para asegurar su disponibilidad continua; el concepto sostenibilidad es objeto de debate y existen muchas visiones diferentes de lo que significa sostenible, inherente al concepto de sustentable, al menos en el Derecho Ambiental Internacional, es que el uso o explotación de los recursos naturales puede continuar; la sostenibilidad, por definición, incluye un componente ecológico, económico y social, que parece ampliamente aceptado.

Cualquier medida internacional es tan fuerte como las que la respaldan y es importante generar un amplio apoyo para cualquier medida, esa necesidad, combinada con la necesidad de permitir que las medidas se desarrollen y se adapten a lo largo del tiempo sobre la base de la nueva ciencia y tecnología, respalda la necesidad de que cualquier instrumento ambiental espacial tenga sus raíces en el derecho indicativo, las políticas de Protección Planetaria del COSPAR demuestra el potencial de tales medidas.

Contaminación Interplanetaria

Categorías COSPAR

El Comité de Investigación Espacial (COSPAR) se reúne cada dos años, y una de sus tareas es desarrollar recomendaciones para evitar la Contaminación Interplanetaria, su base jurídica es el Art. IX del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre, las recomendaciones dependen del tipo de misión y del cuerpo celeste al que se explore, el COSPAR clasifica las misiones en 5 grupos.

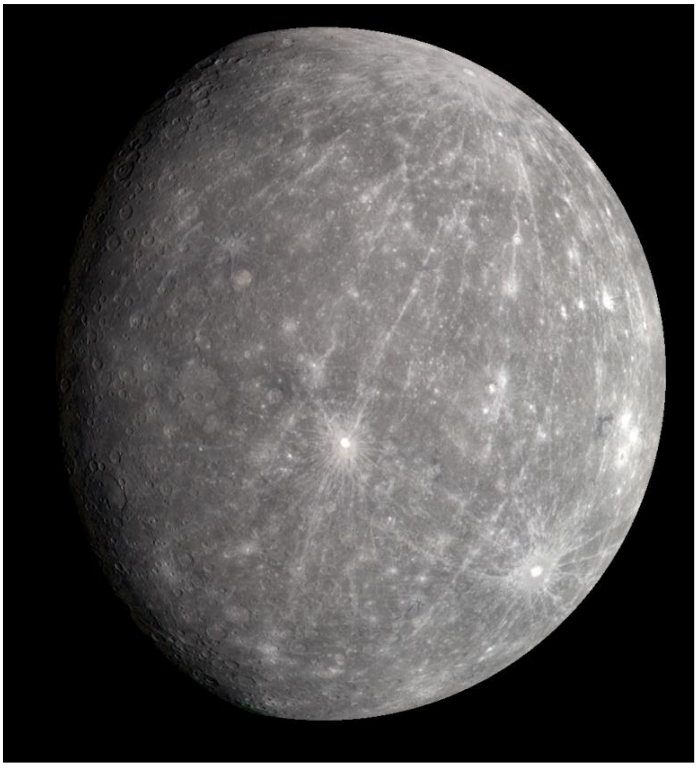
Existen dos tipos de Contaminación Interplanetaria (la contaminación biológica de un cuerpo planetario por una nave espacial, ya sea deliberada o no).

La Contaminación Directa es la transferencia de organismos viables de la Tierra a otro cuerpo celeste; esta se evita principalmente con métodos de esterilización de la nave espacial.

La Contaminación Posterior es la transferencia de organismos extraterrestres, si existen, de regreso a la biosfera terrestre, también se han considerado formas de contaminación no biológicas (objetos abandonados) las misiones se rigen para la Protección Planetaria por el Tratado del Espacio Ultraterrestre y directrices del COSPAR.

Categoría I

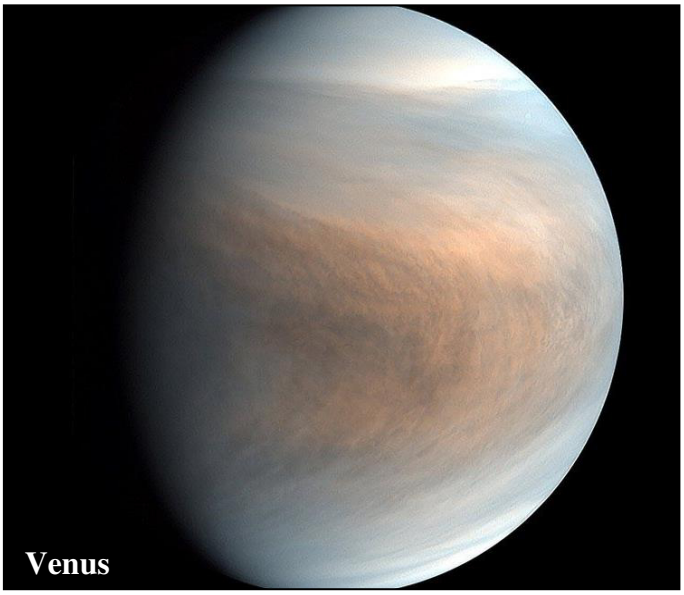
Cualquier misión espacial a lugares que no sean de interés directo para la evolución química o el origen de la vida, como el Sol, la Misión Génesis-2001 expuso su colector para recoger átomos del viento solar expelido e impactó con el suelo terrestre al no poder ser recogida en su reentrada atmosférica; o el planeta Mercurio, estos objetivos no poseen requisitos de Protección Planetaria.



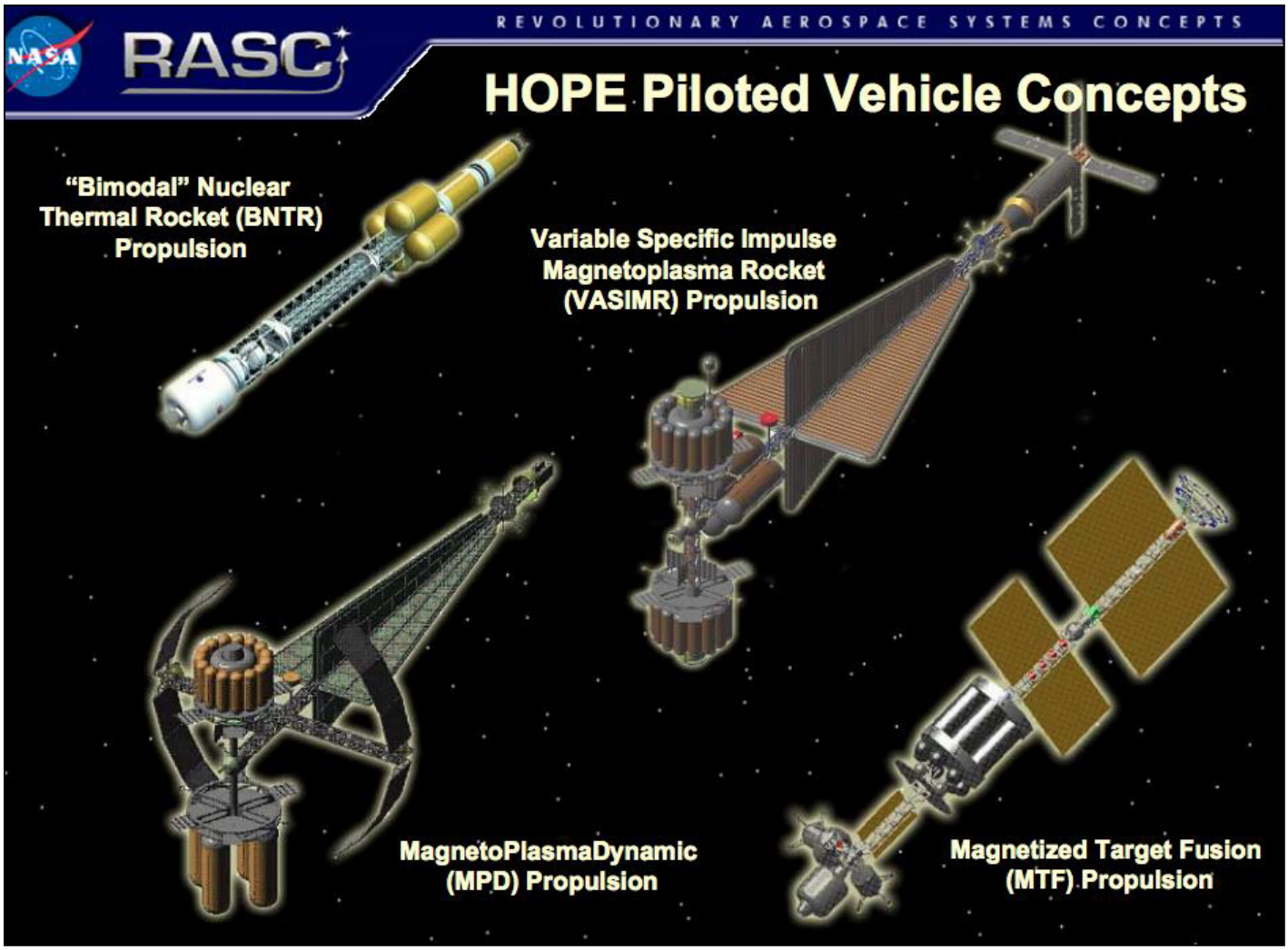
Categoría II

Misiones a lugares de interés para la evolución química y el orígen de la vida, pero solo una posibilidad remota de que la contaminación transmitida por naves espaciales pueda comprometer la investigación; se requiere de documentación simple, sobre todo para delinear los objetivos de impacto previstos o potenciales, y un informe de fin de misión de cualquier sitio de impacto inadvertido (si este ocurrió) definiéndose como azar remoto a lugares donde podrían proliferar microorganismos terrestres y/o una probabilidad muy baja de transferencia a esos lugares, en esta categoría están el planeta Venus, Calisto (luna de Júpiter), cometas, asteroides de categoría P, D, C, y objetos del Cinturón de Kuiper (Arrokoth); en el año 2003 se examinaron conceptos de sistemas espaciales para la exploración espacial humana del Sistema Solar más allá de la órbita de Marte y se identificaron requisitos tecnológicos críticos para la realización de estos conceptos, entre ellos se llevó a cabo un estudio denominado HOPE (Human Outer Planet Exploration) sobre una futura exploración a Calisto, donde podría ser posible construir una base que produjera combustible para una mayor exploración del Sistema Solar, esta luna ha sido considerada durante mucho tiempo el lugar más adecuado para una base humana para la exploración futura del sistema joviano, con una superficie de 1/8 G está fuera de los cinturones de radiación de Júpiter y cubierta de hielo y polvo de asteroides, también es el cuerpo celeste con mayor cantidad de cráteres del Sistema Solar.

Calisto

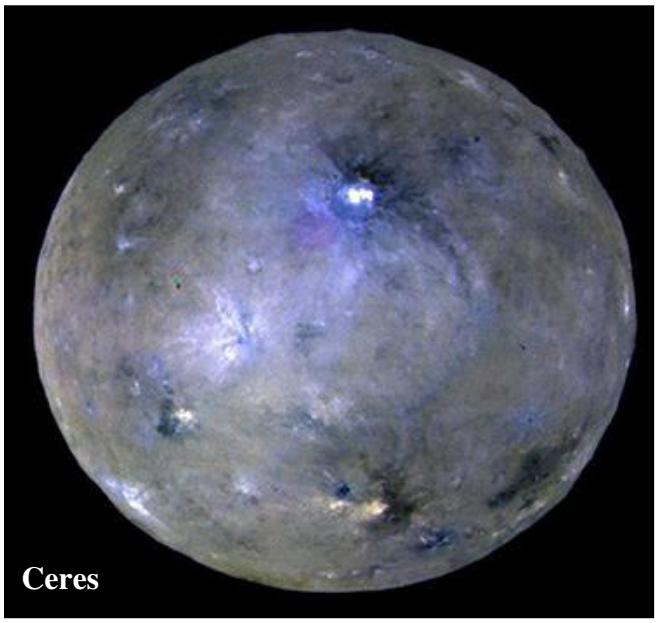

Venus

Arrokoth


REVOLUTIONARY AEROSPACE SYSTEMS CONCEPTS
RASC
HOPE Piloted Vehicle Concepts
"Bimodal" Nuclear Thermal Rocket (BNTR) Propulsion
Variable Specific Impulse Magnetoplasma Rocket (VASIMR) Propulsion
MagnetoPlasmaDynamic (MPD) Propulsion
Magnetized Target Fusion (MTF) Propulsion

Categoría provisional II

En esta categoría se encuentran Ganímedes (luna de Júpiter); Titán (luna de Saturno); Tritón (luna de Neptuno) los planetas enanos Ceres y Plutón; Caronte (luna de Plutón) y Objetos del Cinturón de Kuiper de grandes dimensiones. Sin embargo, se necesita una mayor investigación, ya que existe una posibilidad remota de que las interacciones de las mareas de Plutón y Caronte puedan mantener alguna reserva de agua debajo de la superficie; Tritón no se conoce lo suficientemente bien (el único sobrevuelo hasta la fecha fue realizado por la Voyager-2 en 1989) como para expresar si definitivamente carece o no de agua líquida.

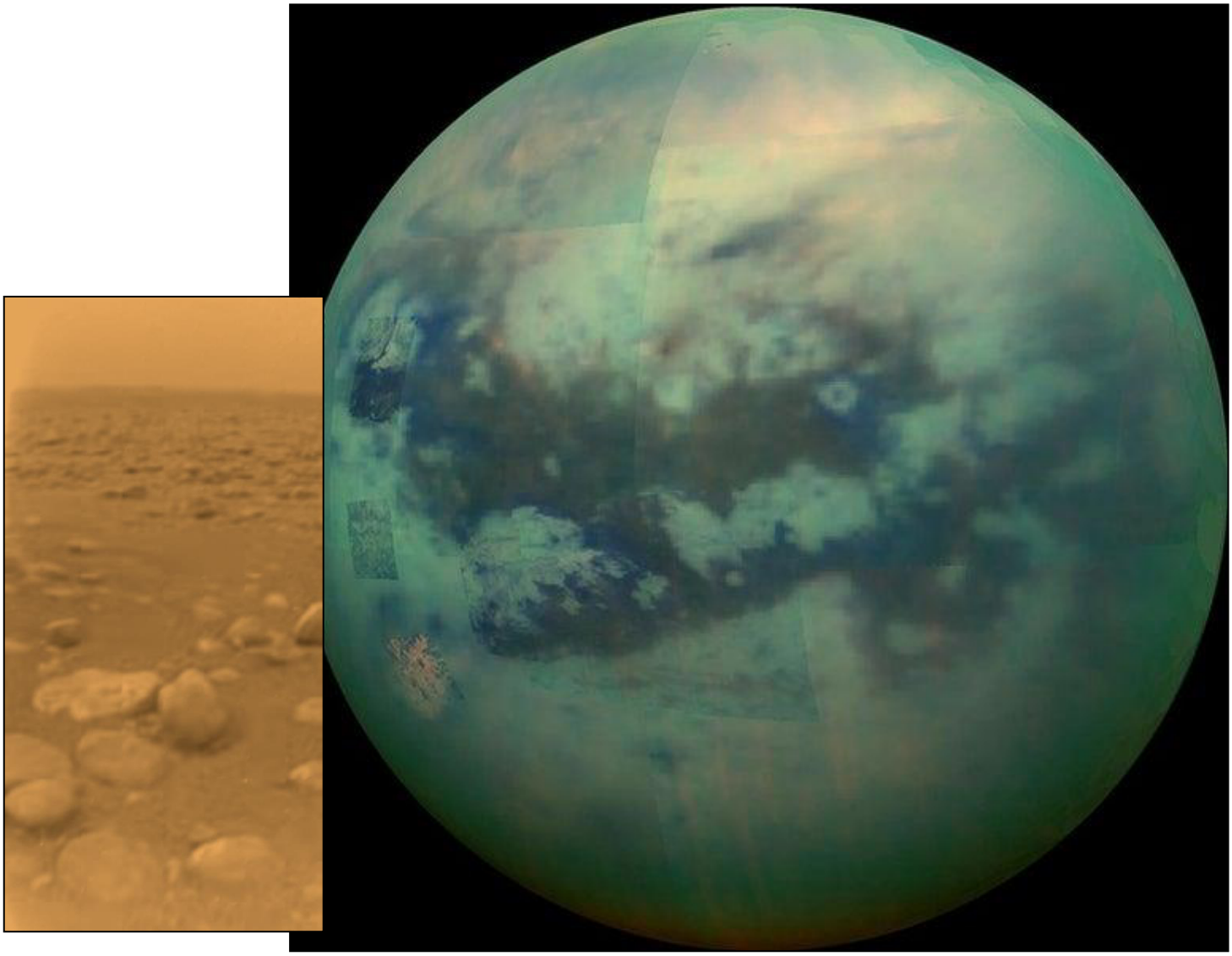


Ceres

Tritón

Plutón y Caronte

En una discusión detallada sobre la luna de Saturno Titán, los científicos concluyeron que no había peligro de contaminar su superficie, excepto la adición a corto plazo de cantidades muy pequeñas de materiales orgánicos; se cree que Titán podría tener un depósito de H_2O en sus profundidades que se comunica con la superficie y, de ser así, podría estar contaminado.



Lugares como Titán pueden representar la mejor posibilidad (en el Sistema Solar) de encontrar vida, se necesita entender si estos océanos son habitables y, de ser así, si realmente albergan vida, Titán es un mundo oceánico muy singular porque tiene un océano en su subsuelo, y lagos de hidrocarburos líquidos en su superficie, por lo que podría existir alguna forma de vida basada en el metano en la superficie. Sin embargo, cualquier forma de vida que se encuentre en estos océanos sería simple.

La sonda Huygens que formaba parte de la misión Cassini-Huygens, aterrizó en la superficie de Titán, la sonda no fue diseñada para investigar la búsqueda de vida; en la actualidad existe un concepto de misión, actualmente bajo investigación en la NASA, denominada Dragonfly, con el objetivo de aterrizar en la superficie de Titán y volar en su atmósfera utilizando un pequeño helicóptero, lo que ayudaría mucho a la investigación mas detallada de la luna.

En el caso de la luna de Júpiter Ganímedes, dado que su superficie muestra signos generalizados de resurgir, no se encontró ningún mecanismo conocido por el cual esto pudiera suceder, la nave espacial Galileo no encontró evidencia de criovulcanismo; inicialmente, fue asignado como Prioridad B-, necesitándose misiones precursoras para evaluar su categoría antes de cualquier misión a su superficie; luego de una discusión adicional fue asignado provisionalmente a la Categoría II (sin requerir misiones precursoras) si existiera criovulcanismo o que el reservorio subterráneo se encontrara a aproximadamente 50-150 Km por debajo de la superficie; no se pudo encontrar un proceso de transferencia del agua desde la superficie al mar subterráneo (esta es la razón por la que a Ganímedes y a Titán se les asignó una Categoría II provisional, pero a la espera de resultados de investigaciones futuras).

Los cuerpos helados que muestran signos de resurgimiento reciente necesitan más discusión y es posible que deban asignarse a una nueva categoría dependiendo de la investigación futura, enfoque que se ha aplicado a la misión Dawn cuyo destino fue el planeta enano Ceres, dependiendo de los resultados encontrados.

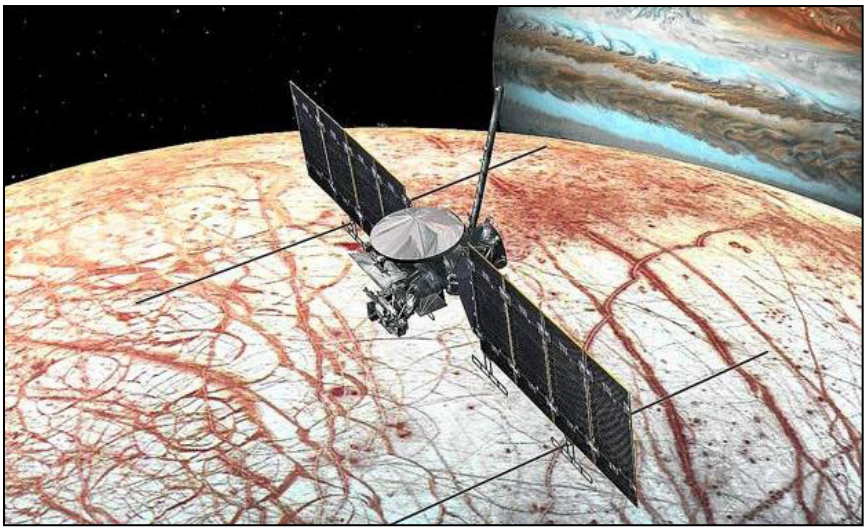
Ganímedes

Categoría III

Misiones de sobrevuelo y orbitador a lugares de gran interés para la evolución química o el orígen de la vida, y con una gran probabilidad de que la contaminación pueda comprometer las investigaciones, como la exploración de Marte, las lunas Europa (Júpiter) y Enceladus (Saturno) requiriéndose documentación más importante que la Categoría II; otros requisitos (dependiendo de la misión) pueden incluir el montaje de una sala limpia, orientación de la trayectoria espacial, reducción de la carga biológica y, si existe la posibilidad de un impacto, inventario de sustancias orgánicas que portaría la nave.

Datos recogidos por la sonda Galileo durante sus sobrevuelos de Europa, entre 1995 y 2003, apuntaron a la existencia de un gran océano subsuperficial bajo la corteza helada del satélite joviano de 3120 Km de diámetro, la sonda Cassini-Huygens, por su parte, exploró el sistema de Saturno entre 2004 y 2017, descubriendo que Encelado de solo 500 Km de diámetro, tiene también un océano global bajo sus hielos, esos hallazgos y otros similares en Ganímedes y Calisto, han extendido la posible existencia de vida en el Sistema Solar mucho más allá de la llamada zona habitable (el anillo imaginario alrededor del Sol en el que puede haber agua en estado líquido), los científicos han descubierto en los últimos años que los tirones gravitatorios de mundos gigantes como Júpiter y Saturno pueden hacer que sus lunas heladas tengan encapsulados (en el caso de Europa) varias decenas de Km de hielo y grandes océanos de agua salada donde puede haberse desarrollado la vida.

En el futuro se esperan dos naves a esos satélites para estudios detallados JUpiter ICy moons Explorer (JUICE) de la Agencia Espacial Europea (ESA), calculando su llegada al sistema de Júpiter en 2030; en 2033, luego de completar varias órbitas y maniobras sobre Júpiter y las lunas Europa y Calisto la nave entrará en órbita alrededor de Ganimedes, los instrumentos que llevará a bordo incluyen cámaras, espectrómetros, magnetómetros y un radar de penetración de hielo, las trayectorias de la misión excluye a la luna Ío por ser volcánicamente demasiado activa; y la sonda Europa Clipper de la NASA, programado su lanzamiento para 2025, cuyo objetivo será estudiar Europa mediante una serie de sobrevuelos, la misión continúa los estudios realizados por la sonda Galileo, los cuales permitieron determinar la existencia de un océano bajo su superficie, los planes para enviar una sonda a Europa fueron concebidos inicialmente con proyectos como Europa Orbiter y Jupiter Icy Moons Orbiter, en los que una sonda espacial sería colocada orbitando Europa. Sin embargo, dichos planes fueron descartados debido al fuerte impacto en la órbita de Europa que tiene la radiación emitida por la magnetósfera de Júpiter, por ello se decidió que resultaría más seguro colocar la sonda en una órbita alrededor de Júpiter y llevar a cabo varios sobrevuelos por el satélite .

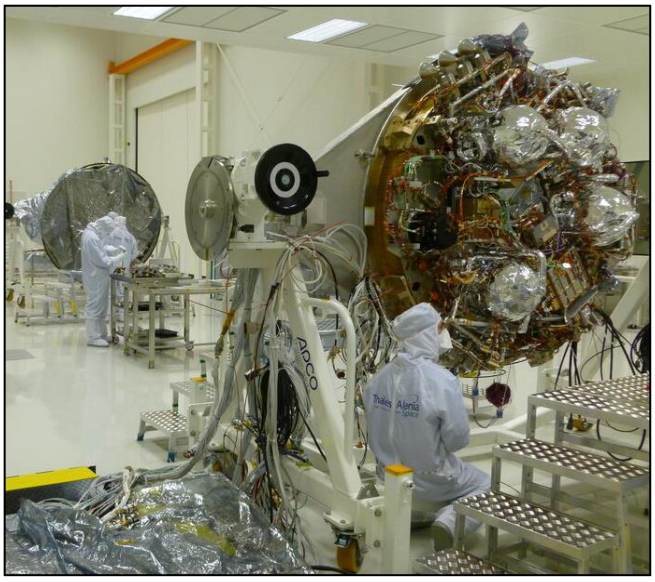


Europa

La ESA adoptó la política de Protección Planetaria y actúa en nombre de sus Estados miembros para garantizar que se cumplan los requisitos para todas las misiones en órbita alrededor de los planetas; para la misión ExoMars Trace Gas Orbiter, optó por satisfacer la restricción de probabilidad de impacto, demostró que hay menos de 1/100 posibilidades de impacto en el planeta durante los primeros 20 años después del lanzamiento y menos de 1/20 posibilidades durante el período de tiempo de 20/50 años después del lanzamiento,evaluaciones que se realizaron de acuerdo a la confiabilidad operativa de la misión, hardware de vuelo y los efectos del entorno espacial natural como los micrometeoritos o variaciones atmosféricas de Marte, la etapa superior del lanzador también se incluyó en estas evaluaciones para garantizar que no impacte en la superficie después de separarse de la nave espacial.

Para un lander o rover, los límites del nivel de posible contaminación microbiológica son mucho más estrictos, para el módulo de demostración de entrada, descenso y aterrizaje ExoMars 2016 (Schiaparelli) se construyó una nueva sala limpia, en la que la contaminación microbiológica podía controlarse estrictamente durante el montaje del módulo en las instalaciones de Thales Alenia Space (Italia).

Cuando se ensambló el módulo, se trasladó a las instalaciones de Thales Alenia Space (Francia) para su prueba; allí se instaló una sala limpia portátil que podía utilizarse durante estas actividades y, más tarde, cuando la nave Schiaparelli fue trasladada al lugar de lanzamiento en Baikonur, la sala limpia se trasladó hasta allí; además se construyeron dos nuevos laboratorios microbiológicos uno en Thales Alenia Space (Italia) y otro en Baikonur, para medir los niveles de contaminación en las salas limpias y en el sistema de vuelo.

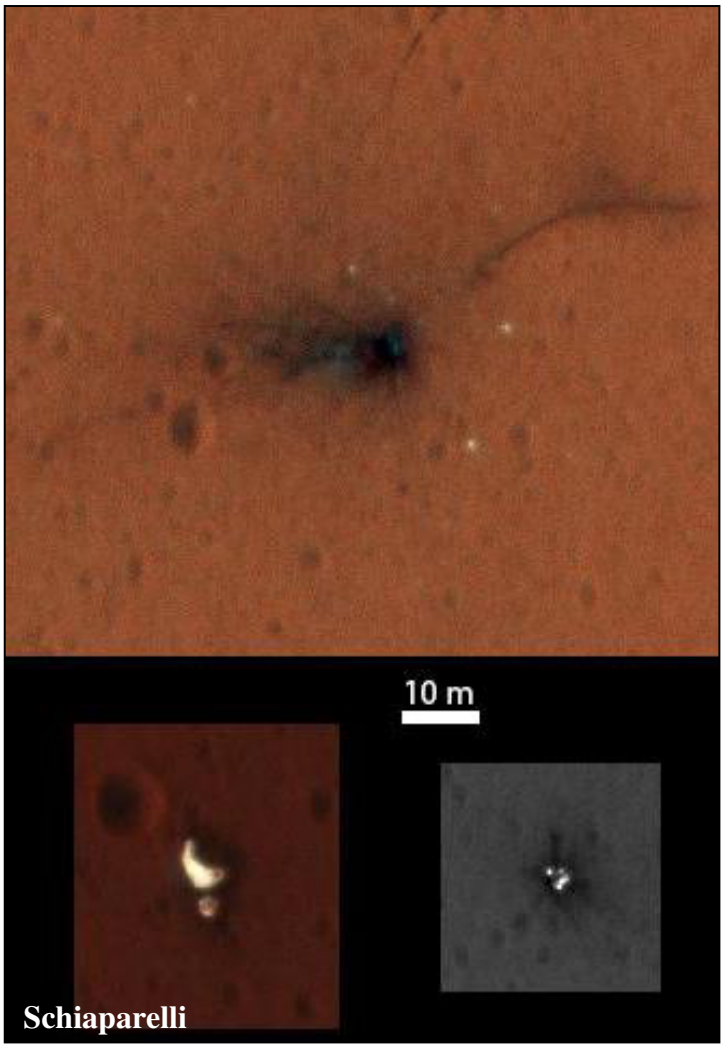


El hardware de vuelo, incluida la etapa superior y carenado del cohete, tuvo que pasar por numerosos ciclos de limpieza, se utilizó alcohol isopropílico estéril al 80% (las salas se limpian con productos químicos más agresivos, incluidas soluciones de peróxido de Hidrógeno) la mayor parte del hardware de Schiaparelli se expuso a un tratamiento de calor seco, exponiéndolo a temperaturas entre 110-125 °C durante varias horas, y para reducir la contaminación microbiológica, se llevaron a cabo alrededor de 3000 pruebas microbiológicas a lo largo de las operaciones de montaje, prueba y lanzamiento para comprobar que estos procedimientos funcionaran bien; los requisitos de Protección Planetaria se han verificado mediante evaluaciones internas e independientes a lo largo del ciclo de vida del proyecto durante revisiones, auditorías y pruebas y se emitió el certificado final de cumplimiento para la revisión de preparación para el lanzamiento; como resultado de estas medidas especiales y del excelente trabajo de los equipos de Protección Planetaria, laboratorio, ensamblaje, integración y prueba de Thales Alenia Space, la ESA demostró que ExoMars 2016 estaba dentro de los límites especificados para la contaminación microbiológica y la probabilidad de impacto en Marte.

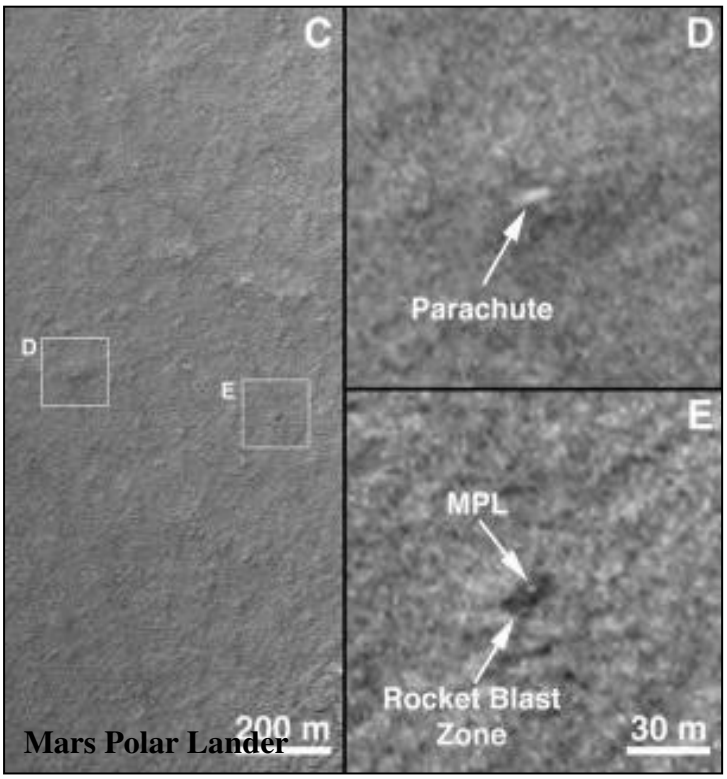
La sonda Mars Observer tenía Categoría III, con potencial de Contaminación Planetaria; en 1993, se perdieron las comunicaciones con la nave tres días antes de su maniobra de inserción orbital, es muy probable que no tuviera éxito en entrar en órbita alrededor de Marte y continuara en una órbita heliocéntrica, pero siguió de manera automática e intentó la maniobra, existe la posibilidad de que se estrellara en Marte.

La sonda Mars Climate Orbiter, fue esterilizada solo a Categoría III, se estrelló en Marte en 1999 debido a una mezcla de unidades imperiales y métricas, la Oficina de Protección Planetaria declaró que era probable que la nave se quemara en su reentrada atmosférica, pero si sobreviviera, podría haber causado Contaminación Directa.

En 1999 la nave Mars Polar Lander y las pequeñas sondas Deep Space-2 de Estados Unidos se estrellaron contra las regiones polares que ahora se tratan como Regiones Especiales de Marte, debido a la posibilidad de formarse allí salmueras; en 2016, el módulo de descenso de Schiaparelli, destinado a proporcionar a la ESA y la Agencia Espacial de Rusia la tecnología para el amartizaje, también impactó en la superficie, las naves fueron esterilizadas para misiones de superficie, pero no para Regiones Especiales de Marte.



Schiaparelli



Mars Polar Lander

Categoría IV

Misiones de aterrizaje o sondas de sobrevuelo a los mismos lugares que la Categoría III, las medidas a aplicar dependen del objetivo y de las operaciones planificadas, la esterilización de toda la nave espacial puede ser necesaria para landers y vehículos de exploración con experimentos de detección de vida, y para aquellos que aterrizan o se trasladan a una región donde los microorganismos terrestres pueden sobrevivir y probablemente crecer, o donde puede haber vida autóctona; los requisitos serían la descontaminación y esterilización parcial del hardware que aterrizaría, se permite un cierto nivel de carga biológica para la misión, en general, se expresa como una probabilidad de contaminación, requiriendo que sea 1/10000 la posibilidad de Contaminación Directa por misión, pero en el caso de las misiones de Categoría IV a Marte el requisito ha sido en un recuento de esporas de Bacillus por área de superficie, como un método de ensayo fácil de usar.

Otros procedimientos requeridos, dependiendo de la misión, pueden incluir la orientación de trayectoria, uso de salas limpias durante el ensamble y pruebas de la nave, reducción de la carga biológica, esterilización parcial del hardware que tiene contacto directo con el objetivo, casco protector biológico (bioshield) para ese hardware y, en casos raros, esterilización completa de toda la nave espacial.

Las misiones al planeta Marte poseen varias categorías (IV-A, IV-B, IV-C y Regiones Especiales de Marte)

Categoría IV-A

Landers que no buscan vida en el planeta Marte, utilizando los requisitos de preesterilización de los landers Viking (máximo de 300000 esporas por nave y 300 esporas/m^3).

Categoría IV-B

Misiones que tienen como objetivo regiones especiales (características como barrancos, cavidades subterráneas, por debajo de 5 m, y líneas de pendientes recurrentes) incluso si el objetivo no está relacionado con la búsqueda de la vida; añade estrictos requisitos adicionales para evitar la contaminación de las muestras, las Regiones Especiales de Marte se crearon en el Tratado de Protección Planetaria de COSPAR de 2002 para Marte, para reconocer las regiones donde la vida terrestre o nativa de Marte podría florecer (regiones con presencia de agua líquida)

Categoría IV-C

Cualquier componente que acceda a una Región Especial de Marte debe esterilizarse al menos hasta los niveles de carga biológica posteriores a la esterilización de los landers, como también se tiene en cuenta la viabilidad del sitio objetivo para respaldar la reproducción de la vida microbiana terrestre.

Regiones Especiales de Marte

Región clasificada por COSPAR donde los organismos terrestres podrían propagarse fácilmente, o se cree que podrían tener un alto potencial de existencia de formas de vida, se entiende que esto se aplica a cualquier región de Marte donde haya agua líquida, o pueda ocurrir ocasionalmente, según el conocimiento actual de los requisitos para la vida, si un aterrizaje forzoso corre el riesgo de contaminación biológica de una región especial, entonces todo el sistema de aterrizaje debe esterilizarse al nivel categoría IV-C.

Categoría V

Se divide a su vez en Restringida y Sin Restricciones.

Categoría V Sin Restricciones

Muestras de lugares que, según la opinión científica, no tienen formas de vida autóctonas, no posee ningún requerimiento especial.

Categoría V Restringida (donde la opinión científica no esté segura)

Los requisitos incluyen prohibición absoluta de impacto destructivo al regresar, contención de todo el hardware devuelto que haya contactado directamente con el objetivo y contención de cualquier muestra no esterilizada devuelta a la Tierra, la recomendación es que no se devuelvan a la Tierra muestras no contenidas a menos que estén esterilizadas, las misiones de Categoría V también deben cumplir los requisitos de la Categoría IV para proteger al cuerpo objetivo de la contaminación posterior, ya que la esterilización de las muestras devueltas destruiría gran parte de su valor científico, la Tierra estaría protegida mediante la cuarentena de muestras, y astronautas en una instalación de bioseguridad de nivel 4, en el caso de retorno de muestras de Marte, las misiones se diseñarían de modo que ninguna parte de la cápsula que haya estado en contacto con la superficie marciana sea expuesta al medio ambiente terrestre, una forma de hacerlo es encerrar el recipiente de la muestra dentro de un recipiente exterior más grande en el vacío del espacio; la integridad de cualquier sello es esencial y el sistema debe ser monitoreado para verificar la posibilidad de daños por micro-meteoritos durante el regreso a la Tierra.

La recomendación del informe del FSE es que ningún material de Marte no contenido, incluidas las superficies de naves espaciales que han estado expuestas al medio ambiente de Marte, deben devolverse a la Tierra a menos que se esterilicen; para muestras no esterilizadas devueltas a la Tierra, un programa de detección de vida y pruebas de riesgo biológico o una esterilización comprobada se llevará a cabo como una condición previa absoluta para la distribución controlada de cualquier parte de la muestra.

Hasta la fecha no se han realizado retornos de muestras de categoría V restringida; durante el programa Apollo, los rendimientos de las muestras fueron regulados a través de la Ley de Exposición Extraterrestre -rescindida en 1991- por lo que sería necesario promulgar nuevas regulaciones; los procedimientos de cuarentena de la época de las misiones Apollo son de interés como el único intento hasta la fecha de un regreso a la Tierra de una muestra que, en ese momento, se pensaba que tenía una posibilidad remota de incluir vida extraterrestre.

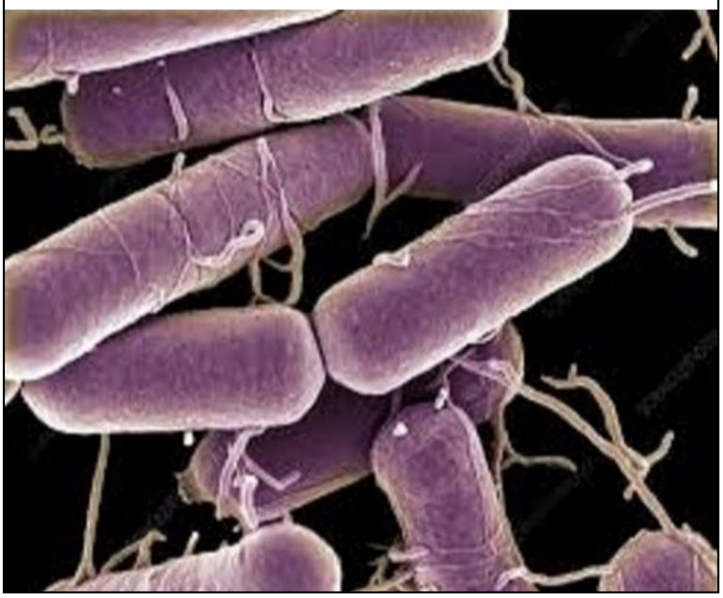
Los criterios de diseño para la misión e instalación de retorno de muestras de Marte han sido desarrollados por el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos y la Fundación Espacial Europea, llegando a la conclusión de que podría basarse en la Contención de Riesgo Biológico 4, pero con requisitos más estrictos para contener microorganismos desconocidos posiblemente tan pequeños o más pequeños que los microorganismos terrestres más pequeños conocidos (ultramicrobacterias) el estudio también recomendó que debería diseñarse una instalación especial para contener los agentes de transferencia de genes más pequeños si es posible, ya que estos podrían transferir ADN desde los microorganismos marcianos a los microorganismos terrestres si tienen una ascendencia evolutiva compartida.

Antes de un retorno de muestras, se requerirían nuevas leyes de Cuarentena, también una evaluación ambiental, y se necesitarían otras leyes que no existían durante la era Apollo.

Para todas las misiones de naves espaciales actuales que requieren descontaminación, el punto de partida es el montaje de la sala limpia, habitaciones con menos de 100 partículas de 0,5 µm de tamaño o más por m^3, los ingenieros usan trajes con solo los ojos expuestos, los componentes se esterilizan individualmente antes del montaje, en la medida de lo posible, y se limpian las superficies con frecuencia con toallas con alcohol durante el montaje.

Las esporas de Bacillus subtilis se eligieron no solo por su capacidad para generar esporas fácilmente, sino por su uso bien establecido como especie modelo, es un rastreador útil de los efectos de la irradiación UV debido a su resistencia a una variedad de condiciones extremas, siendo una especie indicadora importante de contaminación de salida en el contexto de Protección Planetaria.

***Bacillus subtilis* 500 x 500**



Para las misiones de Categoría IV-A (landers en Marte que no buscan vida marciana) el objetivo es reducir la carga biológica a 300000 esporas bacterianas en cualquier superficie desde la que las esporas pueden ingresar al medio ambiente marciano; todos los componentes tolerantes al calor se esterilizan por calor a 114 °C, los componentes electrónicos sensibles, como la computadora son sellados y se ventilan a través de filtros de alta eficiencia para mantener los microbios en su interior.

En microbiología, generalmente es imposible probar que no quedan microorganismos viables, ya que muchos microorganismos aún no se han estudiado o no se pueden cultivar, la esterilización se realiza mediante una serie de reducciones de diez veces el número de microorganismos presentes; luego de un número suficiente de reducciones diez veces mayores, la probabilidad de que queden microorganismos será extremadamente baja.

Los dos módulos de aterrizaje Viking se esterilizaron mediante calor seco, luego de una limpieza preliminar para reducir la carga biológica a niveles similares a los de las naves espaciales de Categoría IV-A actuales, las naves fueron tratadas térmicamente durante 30 hrs a 112 °C, 125 °C nominales (5 hrs a 112 °C se consideró suficiente para reducir la población diez veces incluso para las partes selladas, por lo que esto fue suficiente para una reducción de un millón de la población originalmente baja).

Los materiales modernos a menudo no están diseñados para soportar tales temperaturas, especialmente porque las naves espaciales modernas usan componentes comerciales disponibles, los problemas encontrados incluyen características a nanoescala de solo unos pocos átomos de espesor y métodos de unión de conductores de epoxi, además, muchos sensores de los instrumentos no pueden exponerse a altas temperaturas y estas pueden interferir con alineaciones críticas de los instrumentos, como resultado, se necesitan nuevos métodos para esterilizar una nave moderna a las categorías más altas, como la Categoría IV-C para Marte.

Los métodos de estirilización en evaluación o ya aprobados incluyen: Vapor de Peróxido de Hidrógeno (VHP), es efectivo, pero puede afectar acabados, lubricantes y materiales que usan anillos aromáticos y enlaces de Azufre, esto ha sido revisado y la Oficina de Protección Planetaria ha aprobado una especificación de NASA/ ESA para el uso de VHP, pero aún no se ha publicado formalmente; el óxido de Etileno, se usa ampliamente en la industria médica y se puede usar para materiales no compatibles con el peróxido de Hidrógeno.

Se ha sugerido la radiación γ, y haces de electrones como métodos de esterilización, ya que se utilizan en la industria médica, éstos deben probarse para determinar su compatibilidad con los materiales de la nave y las geometrías del hardware.

Algunos otros métodos son de interés, ya que pueden esterilizar la nave después de su llegada al planeta, como la nieve de dióxido de Carbono, que es eficaz contra trazas de compuestos orgánicos en lugar de microorganismos complejos, tiene la ventaja de eliminar los rastros orgánicos, otros métodos matan los microorganismos, dejando rastros orgánicos que pueden confundir a los instrumentos de detección de vida.

Esterilización pasiva mediante radiación UV (Marte) siendo muy eficaz contra muchos microorganismos, pero no todos, ya que la cepa de Bacillus que se encuentra en las instalaciones de montaje de naves espaciales es particularmente resistente a la radiación UV, también se complica por problemas al hardware de la nave espacial; y la esterilización pasiva mediante flujos de partículas para las naves con destino a Europa.

En 2020, debido a las misiones planeadas a Marte y la Luna, la NASA emitió dos directrices interinas con el propósito de actualizar los requisitos de la agencia para las misiones humanas y robóticas a la Luna, así como para la exploración humana en Marte; con estas nuevas directrices, se pretende modernizar las guías de la NASA ante la posibilidad de que impidiesen la exploración humana del espacio a largo plazo, la Oficina de Protección Planetaria, que respalda la exploración responsable del Sistema Solar, será la encargada de garantizar que se cumpla la normativa.

La primera de las directrices aborda el control de contaminación biológica terrestre de todas las misiones lunares; anteriormente, los lineamientos de la NASA colocaban a las misiones a la Luna en Categoría II, lo que requería documentar todo el material biológico a bordo, aunque no establecía estándares de limpieza para ellos, por la preocupación ante la posibilidad de contaminar el hielo de los polos lunares, a partir de la nueva directriz, la Luna pasará a Categoría I, lo cual no impondría requerimientos especiales para las misiones, a excepción de las regiones polares que continuarán en Categoría II (bajo esta categoría también permanecerán zonas históricas, como los sitios de alunizajes Apollo, con la finalidad de preservar el material biológico depositado allí).

La segunda directiva da respaldo a las futuras misiones humanas a Marte, contempla la exploración del planeta Marte con la ayuda del conocimiento adquirido de la Estación Espacial Internacional (ISS), de los alunizajes y la investigación robótica de la superficie marciana, con el fin de evitar la contaminación biológica perjudicial en ambos sentidos; estas nuevas directrices emitidas permitirán la exploración interplanetaria mientras se protege, tanto como sea posible de contaminación biológica dañina las zonas que podrían ser de interés para la ciencia en el futuro.

Contaminación no biológica

Un taller de COSPAR en 2010, analizó cuestiones relacionadas con la protección de áreas de contaminación no biológica y recomendaron que COSPAR ampliara su mandato para incluir tales cuestiones.

Las recomendaciones del taller incluyeron

COSPAR debería agregar una política separada y paralela para proporcionar orientación sobre los requisitos y mejores prácticas para la protección de los aspectos no vivos, no relacionados con la vida del espacio ultraterrestre y los cuerpos celestes.

Algunas ideas propuestas incluyeron regiones especiales protegidas para mantener zonas del Sistema Solar prístinas para futuras investigaciones científicas, y también por razones éticas.

COSPAR debe considerar que la protección adecuada de la posible vida extraterrestre autóctona debe incluir evitar la contaminación dañina de cualquier entorno habitable, ya sea existente o previsible, dentro del tiempo potencial máximo de viabilidad de cualquier organismo terrestre (incluidas las esporas microbianas) que pueda introducirse en ese medio ambiente por actividad humana o robótica .

En el caso de la luna Europa, se sugirió una idea similar, que no es suficiente mantenerla libre de contaminación durante el período de exploración actual, ya que este satélite de Júpiter podría ser de suficiente interés científico como para que los humanos tengan el deber de mantenerlo prístino para que futuras generaciones la pudiesen estudiar (esta fue la opinión mayoritaria del grupo de trabajo que examinó a Europa, aunque hubo una opinión minoritaria del mismo grupo de trabajo con la opinión de que no se requieren medidas de protección tan fuertes).

En 2018, las Academia Nacional de Ciencias, Ingeniería y Medicina emitió una revisión y evaluación de los procesos de desarrollo de oolíticas de Protección Planetaria, en parte, el informe instaba a la NASA a crear un plan estratégico amplio que cubrriera tanto la contaminación directa, como posterior, el informe también expresaba la preocupación por misiones de la industria privada, para las cuales no existe una autoridad reguladora.

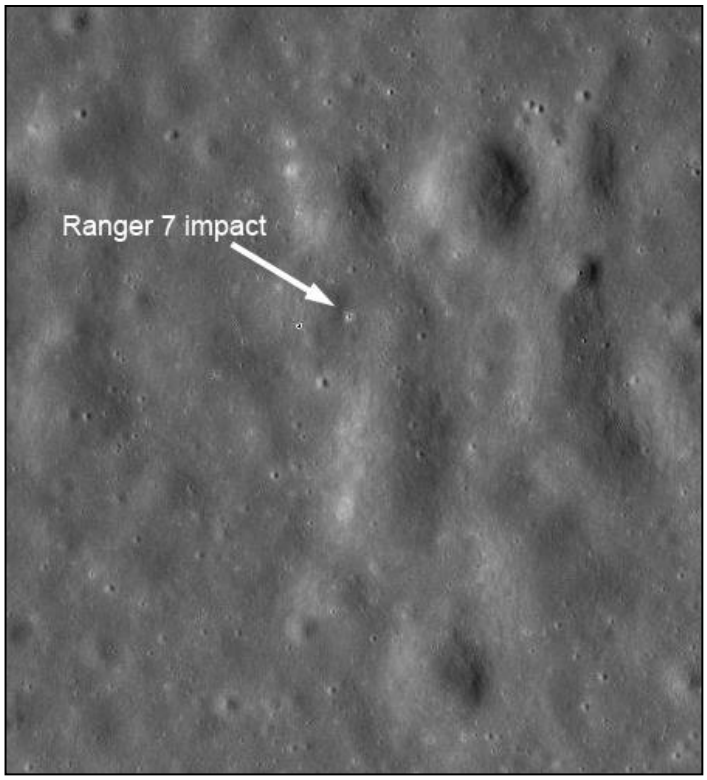
Meteoritos

Los meteoritos fueron examinados en el contexto de la contaminación posterior, se cree que todos los meteoritos marcianos se originan en relativamente pocos impactos cada pocos millones de años en Marte, los cuerpos celestes tendrían algunos Km de diámetro y los cráteres que forman en Marte decenas de Km de diámetro (modelos de impactos en Marte son consistentes con estos hallazgos).

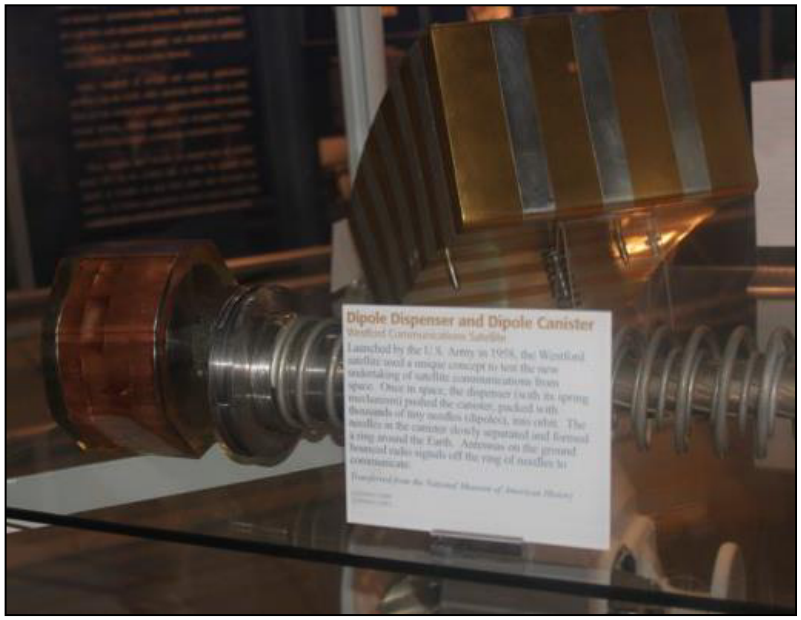
La Tierra recibe un flujo constante de meteoritos provenientes de Marte, pero de relativamente pocos cuerpos celestes originales y la transferencia era más probable en los inicios del Sistema Solar; algunas formas de vida viables tanto en Marte como en la Tierra podrían ser incapaces de sobrevivir a la transferencia en un meteorito, y hasta ahora no hay evidencia directa de ninguna transferencia de vida desde Marte a la Tierra, se concluyó que, aunque la transferencia es posible, la evidencia del intercambio de meteoritos no elimina la necesidad de métodos de protección contra la contaminación posterior.

El primer proyecto espacial que utilizó las recomendaciones de Protección Planetaria fue el Programa Ranger, que tuvo lugar entre 1959 y 1965, y fue una serie de misiones espaciales no tripuladas de Estados Unidos cuyo objetivo era obtener las primeras imágenes de la superficie lunar y transmitirlas a la Tierra hasta que la nave espacial fuera destruida por el impacto en el suelo selenita.

Ranger



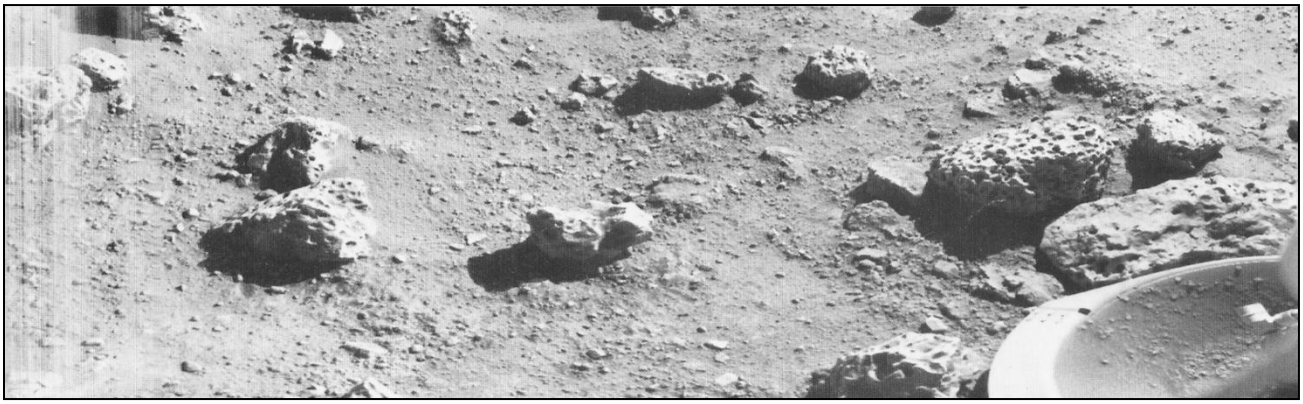
Un ejemplo significativo de una amenaza para el Espacio lo dio el Proyecto West Ford, la iniciativa debía demostrar la capacidad de garantizar las comunicaciones entre las localidades de Camp Parks y Westford, el 21-10-1961 fue lanzado desde la Base de Lanzamientos Bandenberg el satélite MIDAS-4, que disperso en el espacio alrededor 370 millones de agujas de cobre, con el objetivo de formar una especie de anillo alrededor de la Tierra para facilitar las comunicaciones militares; la primera fase del proyecto no tuvo éxito, por lo que el 9-05-1963 se lanzó una segunda operación con el satélite Midas-6 con 480 millones de agujas que finalmente logró crear el anillo protector; con una densidad máxima de 4 agujas por Km^3, el proyecto fue un claro ejemplo de una actividad espacial dañina, capaz de causar contaminación cósmica a gran escala y fue considerado completamente fuera de las líneas de las actividades espaciales, recibiendo la condena de varios Estados que temían que la iniciativa fuera un punto de no retorno en el uso del espacio ultraterrestre.



Los requisitos de esterilidad para las naves espaciales aterrizadas adoptados provisionalmente en la resolución de 1964 son tan severos que representan un obstáculo importante para la exploración planetaria, esto por sí solo no justificaría la modificación de los requisitos, ya que la preservación de la integridad biológica de Marte es esencial para una exploración del planeta, cuando los supuestos físicos y biológicos subyacentes a las recomendaciones del COSPAR se comparan con las condiciones reales en Marte, según lo establecido por observaciones recientes, se hace evidente que los supuestos del COSPAR no son realistas en aspectos importantes.

Específicamente, la creencia de que la erosión eólica en Marte puede efectuar la liberación de esporas atrapadas en el interior de los sólidos en períodos de tiempo que son cortos en comparación con la escala de tiempo del programa espacial no tripulado, no está respaldada por la observación ni por la teoría, el análisis sugiere que las tasas de erosión eólica en Marte son muy bajas.

La combinación de sequía, falta de Oxígeno y alto flujo UV hace que la superficie de Marte sea particularmente inadecuada para la multiplicación de organismos terrestres, estudios recientes dan poco apoyo a la propuesta de que existen áreas significativas de actividad geotérmica en Marte, de manera similar, el conocimiento actual del medio ambiente marciano se opone a la opinión de que los microorganismos terrestres fácilmente contaminarían el planeta, estos hallazgos sugieren que las restricciones recomendadas por COSPAR podrían relajarse un poco sin comprometer en ningún grado significativo la condición biológica de Marte, en particular, es necesario hacer una distinción entre los microorganismos atrapados en sólidos y los que se encuentran en las superficies expuestas de las naves aterrizadas, la esterilización de sólidos al nivel extremo recomendado por COSPAR se basa en la suposición de que los organismos atrapados constituyen un peligro sustancial para la ecología marciana, esta suposición parece ahora injustificada y la necesidad de un alto grado de esterilidad interior es dudosa, en consecuencia las políticas actuales de esterilización de naves espaciales deberían revisarse.



El recuento de esporas se utiliza como medida indirecta del número de microorganismos presentes, por lo general, el 99% de los microorganismos por especie no formarán esporas y serán capaces de sobrevivir en estados inactivos, por lo que se espera que el número real de microorganismos inactivos viables que quedan en la nave esterilizada sea muchas veces mayor que el número de esporas formando microorganismos, un nuevo método de esporas aprobado es el Ensayo Rápido de Esporas, basandose en sistemas comerciales de análisis rápido, detectando esporas directamente y no solo microorganismos viables y dando resultados en 5 hrs en lugar de 72 hrs.

Se sabe desde hace mucho tiempo que en las salas de limpieza de las naves albergan los poliextremófilos, como los únicos microbios capaces de sobrevivir en ellos, estudios recientes indican que los microbios de los hisopos del rover Curiosity fueron sometidos a disecación, exposición a rayos UV, frío y pH extremos, casi el 11% de las 377 cepas sobrevivieron a más de una de estas condiciones extremas; los Bacillus sp. se han estudiado e informado rasgos a nivel de genoma potencialmente relacionados con la resistencia.

No significa que los microbios hayan contaminado Marte, es solo la primera etapa del proceso de reducción de la carga biológica; para contaminar Marte, tienen que sobrevivir a la baja temperatura, vacío, rayos UV y la radiación ionizante durante los meses del viaje, y luego encontrar un hábitat y comenzar a reproducirse allí (si esto sucedió o no es una cuestión de probabilidad) el objetivo de la protección planetaria es hacer que esta probabilidad sea lo más baja posible (la probabilidad de contaminación del objetivo actualmente aceptada por misión es reducirla a menos del 0.01%, aunque en el caso de Marte, los científicos también confían en las condiciones hostiles para tomar el lugar de la etapa final del tratamiento térmico de reducción decimal utilizada, con la tecnología actual, los científicos no pueden reducir las probabilidades a cero**.**

Se han aprobado dos métodos moleculares recientes para evaluar la contaminación microbiana en las superficies de las naves espaciales:

Detección de trifosfato de adenosina (ATP) elemento clave en el metabolismo celular y método capaz de detectar organismos no cultivables, también puede desencadenarse por material biológico no viable, por lo que puede dar un falso positivo.

Ensayo de lisado de amebocitos de Limulus: detecta lipopolisacáridos (LPS) compuesto que solo está presente en bacterias Gram negativas, el ensayo estándar analiza las esporas de microbios que son gramopositivos, lo que dificulta la relación entre los dos métodos.

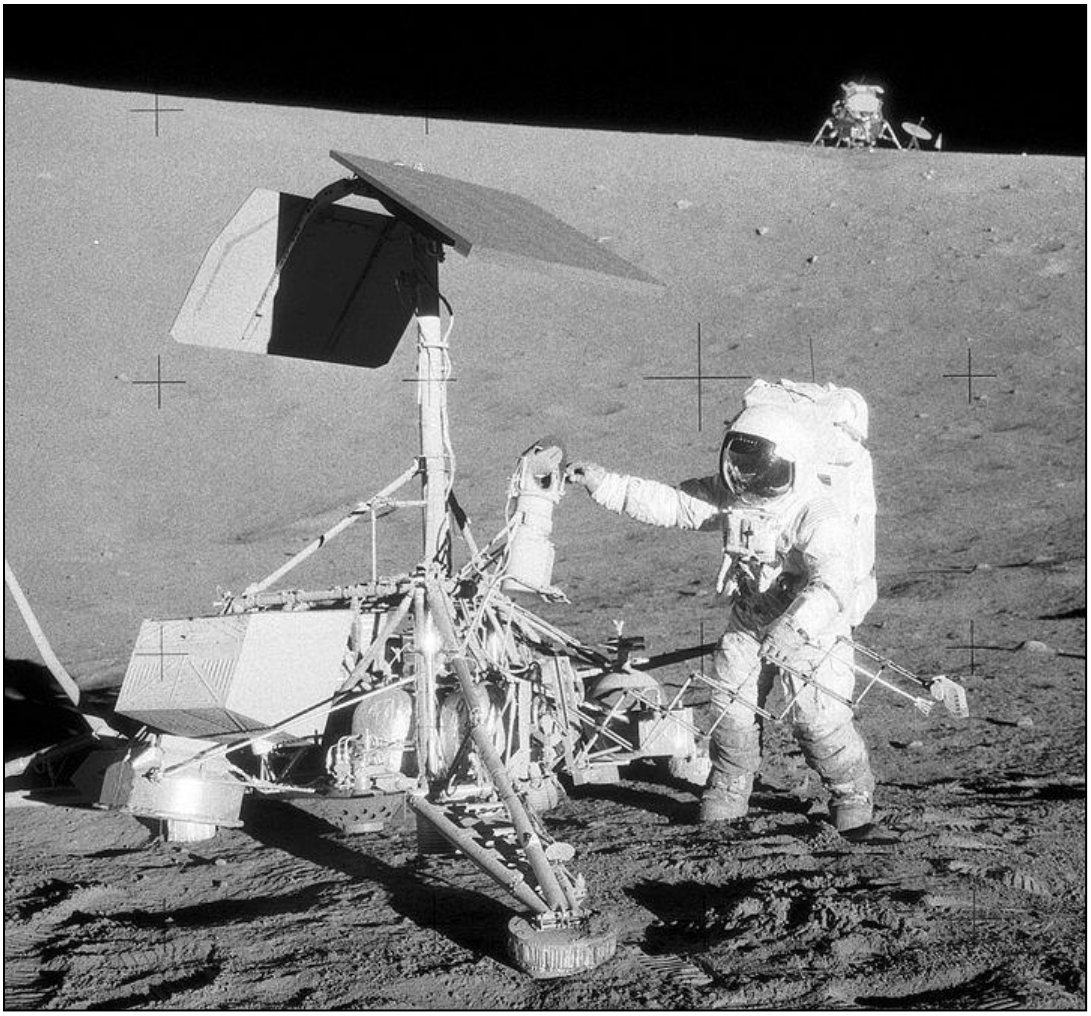
En el año 2020 fueron lanzadas varias misiones científicas con destino al planeta Marte, Estados Unidos reveló más detalles para su programa Artemis, que tiene la intención de que los humanos vuelvan a la Luna, involucrando un servicio de carga útil comercial y abriendo oportunidades para las actividades del sector privado en la Luna, la Protección Planetaria está evolucionando para hacer frente a estos desarrollos, Estados Unidos propuso los Acuerdos Artemis y COSPAR actualizó la política de Protección Planetaria; quizás la más importante a medida que aumenta el número de actores y la diversidad de sus actividades; las actividades espaciales privadas presentan un desafío particular dado el estatus de la política de Protección Planetaria de COSPAR en el Derecho Internacional y las motivaciones e intenciones de algunos de estos nuevos actores; las directrices no vinculantes dependen de que las partes se preocupen por sus objetivos, los Estados tienen la capacidad y la responsabilidad de garantizar una conducta responsable de sus nacionales y entidades no gubernamentales en el Espacio Ultraterrestre, incluyendo garantizar el cumplimiento de los principios de Protección Planetaria.

El desarrollo de las Regiones Especiales de Marte destaca la flexibilidad de la política de Protección Planetaria de COSPAR y su enfoque evolutivo, que es esencial porque aumenta la comprensión de los límites dentro de los cuales la vida puede crecer en la Tierra y nuestra conciencia de la habitabilidad potencial en otras partes del Sistema Solar, la protección planetaria es fundamental para que los científicos puedan estudiar los entornos naturales de los cuerpos celestes sin interferir con las posibles formas de vida que puedan haberse desarrollado allí y ayuda a preservar la biosfera terrestre de una posible contaminación por material extraterrestre.

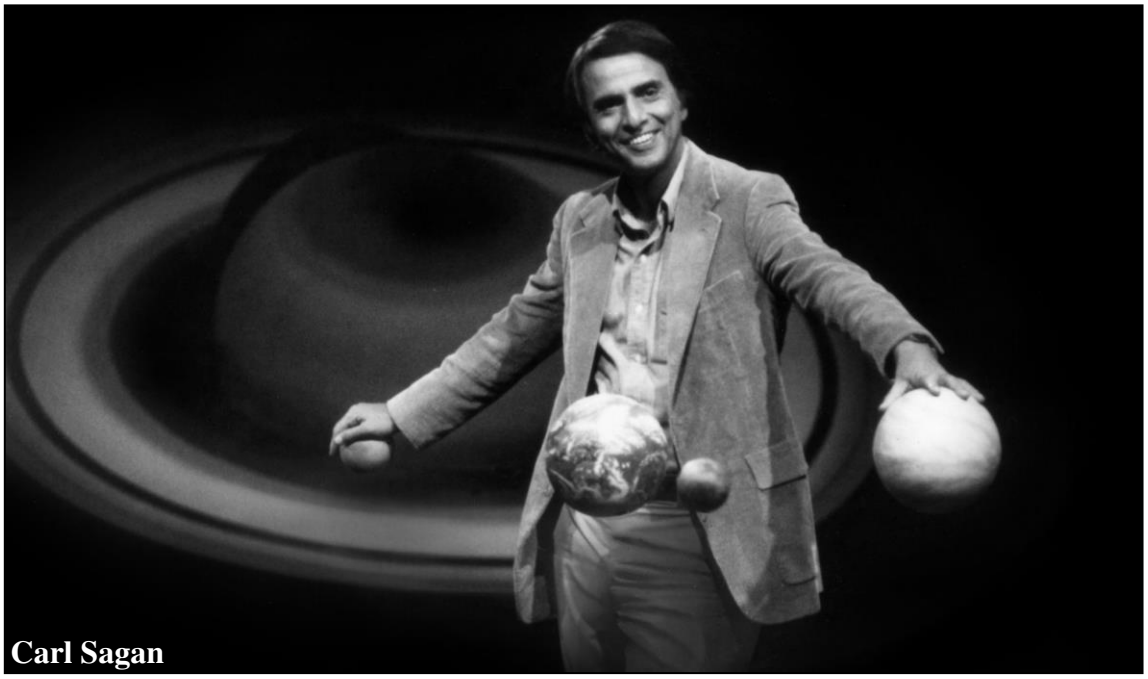
Ecuación Coleman-Sagan

Cuando se estaba considerando la exploración de Marte a principios de la década de 1960, Carl Sagan y Sidney Coleman elaboraron un artículo sobre la contaminación del planeta Marte para que los científicos determinen si existían o no formas de vida nativas antes de que el planeta fuera contaminado por microorganismos terrestres, propusieron que las misiones espaciales deberían tener como objetivo un 99,9 % de posibilidades de que no se produjera contaminación, cifra que fue adoptada por el COSPAR en 1964, y posteriormente se aplicó a todas las sondas planetarias.

El peligro se puso de relieve en 1969 cuando los astronautas del Apollo-12 trajeron consigo varios componentes del Surveyor-3, las bacterias Streptococcus mitis (especie mesófila alfa hemolítica de Streptococcus que habita en la boca humana) sobrevivieron en un viaje a la Luna del Surveyor-3 (lanzada en 1967) estas bacterias que fueron llevadas a la Luna por accidente (se estima se contaminó debido a un estornudo de un técnico mientras montaba la cámara de video de la nave), se transportó de vuelta a la Tierra reviviendo sin dificultad luego de vivir en un ambiente extremo.



La sonda Galileo, con destino a Júpiter no había sido esterilizada antes de su lanzamiento y tenía probabilidades de haber transportado bacterias terrestres durante el viaje; se formuló un plan para enviar la sonda directamente a Júpiter, en un choque intencional para eliminar la posibilidad de un impacto con las lunas de Júpiter, y prevenir una contaminación directa, el 14-04-2003, la sonda alcanzó su mayor distancia orbital desde Júpiter durante toda la misión desde su inserción orbital (26 millones de Km) antes de impactar el 21-09-2003.



Carl Sagan

$$P_c = N_0 \cdot R \cdot P_S \cdot P_I \cdot P_R \cdot P_g$$

Creada por C. Sagan y S. Coleman en 1965 fue utilizada para establecer la probabilidad de contaminación de otro cuerpo planetario por microorganismos terrestres, determinando el número inicial de microorganismos (N_0) que podrían estar presentes en una nave espacial, y multiplicando este número por un conjunto de factores seleccionados apropiadamente que representan la probabilidad de que este número pueda reducirse, la primera reducción (R) depende de varios parámetros, incluidas las condiciones a las que está expuesta la nave espacial antes y después del lanzamiento, luego, mientras están presentes en la nave espacial, la posibilidad de que los microorganismos lleguen a la superficie del planeta (P_S); la probabilidad de que la nave espacial impacte contra el planeta (P_I) -valor que oscila entre 10 y 5 para un satélite, hasta 1 para una sonda de aterrizaje-; posibilidad de que algún microorganismo salga de la nave (P_R) -en caso de estrellarse- y probabilidad de que un microorganismo crezca en la superficie (Pg) -en objetivos con agua líquida-.

Sagan y Coleman asumieron que se podrían enviar alrededor de 30 orbitadores y 54 landers a la superficie marciana antes de que se comprendiera completamente la exobiología marciana, el número fue elegido para una probabilidad de mantener el planeta libre de contaminación de al menos el 99,9% durante la duración del período de exploración.

La ecuación de Coleman-Sagan ha sido criticada porque los parámetros individuales a menudo no se conocen mejor; se desconoce el grosor del hielo de la superficie de Europa (pudiendo ser delgado en algunas zonas), lo que daría lugar a un alto nivel de incertidumbre en la ecuación, también ha sido criticada por la suposición inherente que se hace del fin del período de protección y la exploración humana futura (en el caso de Europa, esto solo lo protegería con una probabilidad razonable durante el período de exploración).

Marte

Planeta muy parecido a la Tierra en apariencia, tiene un día de casi 24 hrs, debido a la inclinación de su eje tiene estaciones como la Tierra, casquetes polares que crecen y menguan con las estaciones, y grandes áreas que cambian de color estacionalmente, todo esto le demostró a Percival Lowell (astrónomo estadounidense) que Marte albergaba vida: para él, los casquetes eran agua helada, y los cambios de color la respuesta de vegetación a las variaciones estacionales en la disponibilidad de agua, a esto, Lowell añadió lo que para él era una prueba de que Marte también tenía vida inteligente, los canales, una red de líneas rectas y delgadas que cubren la superficie del planeta, veamos un poco la historia de estas creencias:

" En los últimos años del siglo XIX nadie habría creído que los asuntos humanos eran observados aguda y atentamente por inteligencias más desarrolladas que la del hombre y, sin embargo, tan mortales como él; que mientras los hombres se ocupaban de sus cosas eran estudiados quizá tan a fondo como el sabio estudia a través del microscopio las pasajeras criaturas que se agitan y multiplican en una gota de agua. Con infinita complacencia, la raza humana continuaba sus ocupaciones sobre este globo, abrigando la ilusión de su superioridad sobre la materia. Es muy posible que los infusorios que se hallan bajo el microscopio hagan lo mismo. Nadie supuso que los mundos más viejos del espacio fueran fuentes de peligro para nosotros, o si pensó en ellos, fue sólo para desechar como imposible o improbable la idea de que pudieran estar habitados ".

Con estas palabras comienza el libro "La Llegada de los Marcianos" de La Guerra de los Mundos de H. G. Wells., por entonces, Marte fascinaba al público debido a las observaciones que el astrónomo e historiador de la ciencia italiano Giovanni Schiaparelli que había realizado durante la gran oposición de 1877, este creyó vislumbrar sobre la superficie del planeta una densa red de las estructuras lineales que llamó canalí; la errónea traducción al inglés de esta palabra como canals, hace referencia a construcciones artificiales, en lugar de channels, que indica formas naturales del terreno, dando lugar a una oleada de hipótesis y especulaciones sobre la posibilidad de vida inteligente en Marte.

El mismo Schiaparelli escribió *" Más que verdaderos canales, de la forma para nosotros más familiar, debemos imaginar depresiones del suelo no muy profundas, extendiéndose en dirección rectilínea por miles de Km, con un ancho de 100, 200 Km o más. Ya he señalado una vez más que, de no existir lluvia en Marte, estos canales son probablemente el principal mecanismo mediante el cual el agua (y con él la vida orgánica) puede extenderse sobre la superficie seca del planeta ".*

En 1892, cuándo su vista fallaba, Schiaparelli anunció que se retiraba de la observación de Marte, fue entonces cuando el diplomático y astrónomo aficionado estadounidense Percival Lowell decidió tomar su lugar.

Nacido el 13-03-1855 en el seno de una familia adinerada de Boston (Massachusetts), gracias a sus contactos familiares, obtuvo el cargo de consejero y secretario exterior de la Misión Especial de los Estados Unidos en la península coreana, cumplió funciones diplomáticas entre 1883 y 1893, y publicó durante ese tiempo numerosos libros sobre las culturas orientales

Sus biógrafos señalan que por ese entonces habría nacido su interés por la astronomía, acaso desencadenada por la lectura de "Le Planete Mars" de Camille Flammarion, que le regalaron durante su regreso a los Estados Unidos para la Navidad de 1893, el puesto que Schiaparelli había dejado cuando se retiró, todavía estaba vacante y la siguiente oposición marciana se produciría en octubre de 1894, por lo que Lowell debía actuar rápido.

Inmediatamente entró en contacto con William H. Pickering, astrónomo igualmente interesado en el planeta rojo, que había fracasado en sus intentos de obtener financiamiento de la Universidad de Harvard; Lowell decidió ayudarlo y juntos realizaron una expedición a Arizona, en busca de un lugar que no estuviera perturbado por las nubes, las turbulencias atmosféricas y las luces de las ciudades.

A ellos se sumó el ayudante de Pickering durante su trabajo en el Observatorio de Arequipa (Perú) el equipo llevó consigo tres telescopios refractores, uno de 15 cm para efectuar pruebas sobre las condiciones atmosféricas, uno de 30 cm y uno de 46 cm, el encargado de las labores de búsqueda y evaluación del emplazamiento del Observatorio fue Lowell; luego de recorrer diversas regiones del S y N de Arizona, Lowell llegó al poblado de Flagstaff, sus pruebas sólo dieron resultados marginalmente mejores que en las localizaciones anteriores. Sin embargo Lowell decidió que ese sería el lugar elegido por hallarse a 2100 msnm y tener las vías del ferrocarril relativamente cercanas.

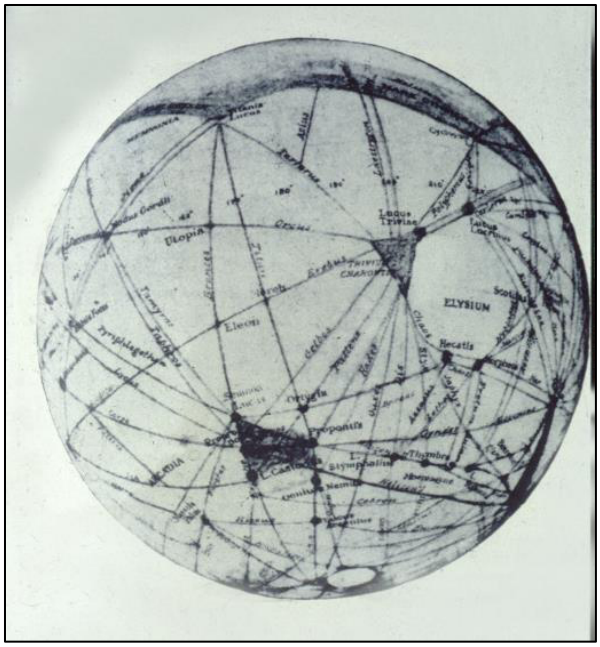
Entre el 4-05-1894 y el 3-04-1895 realizaron numerosas observaciones de la superficie marciana, Carl Sagan, en su obra Cosmos, señala las dificultades que se encuentran quienes realizan observaciones del vecino planeta desde la superficie terrestre: “con frecuencia la visión es pobre y la imagen de Marte se hace borrosa y distorsionada., entonces uno debe ignorar lo que ha visto”. Lowell no siguió este principio y anotaba, sin ignorar nada, todo lo que creía ver: zonas brillantes y oscuras, un indicio de casquete polar y numerosos canales que incentivaban su imaginación; el primero fue detectado el 7-06-1894 y lo llamó Lethes, como uno de los ríos del Tártaro en las mitologías griegas y romanas, a lo largo de las observaciones creyó ver numerosos canales que cumplían una serie de características: eran de 50 Km de ancho, con extensiones de 1600 y 2400 Km, muchos de ellos parecían ser dobles, y confluían en dos o tres puntos específicos.

Lowell llegó a la conclusión de que Marte estaba habitado por una antigua civilización que había construido una red de canales que transportaban agua desde los casquetes polares hasta las ciudades del ecuador; creyó además que los cambios estacionales de las zonas oscuras verde-azuladas que parecían desaparecer o cambiar a ocre-anaranjado en determinadas épocas del año eran el resultado del desarrollo y marchitamiento de vegetación

.

Para Lowell, Marte tenía una geografía desierta (similar al S-O de Estados Unidos, donde estaba instalado su telescopio) y con un clima frío, pero soportable (similar al del S de Inglaterra) el aire estaba enrarecido y el Oxígeno era escaso, quizá los habitantes vivían en ciudades cerradas para evitar la fuga de Oxígeno, con grandes obras que les proveían de agua y alimentación; en su obra "Mars", de 1895, escribiría: *"los resultados de nuestra investigación parecen indicar la existencia de vida inteligente en Marte".*

En 1896 desde su Observatorio se realizaron investigaciones de la superficie de Mercurio y Venus, y creyó ver canales similares sobre la superficie de este último, la noticia fue tomada con mucho escepticismo por la opinión pública y los medios de comunicación, a diferencia de lo que había sucedido con los canales marcianos, quizá porque, según la teoría de Laplace, Venus era un mundo más joven.



Si en la Tierra recién se estaban comenzando a realizar gigantescas obras de ingeniería, en Venus no estaban aún a un nivel tecnológico que les permitiera realizar canales visibles desde el espacio, esto afectó a Lowell de modo que se sumió en una fuerte depresión que lo alejó por un tiempo de su trabajo.

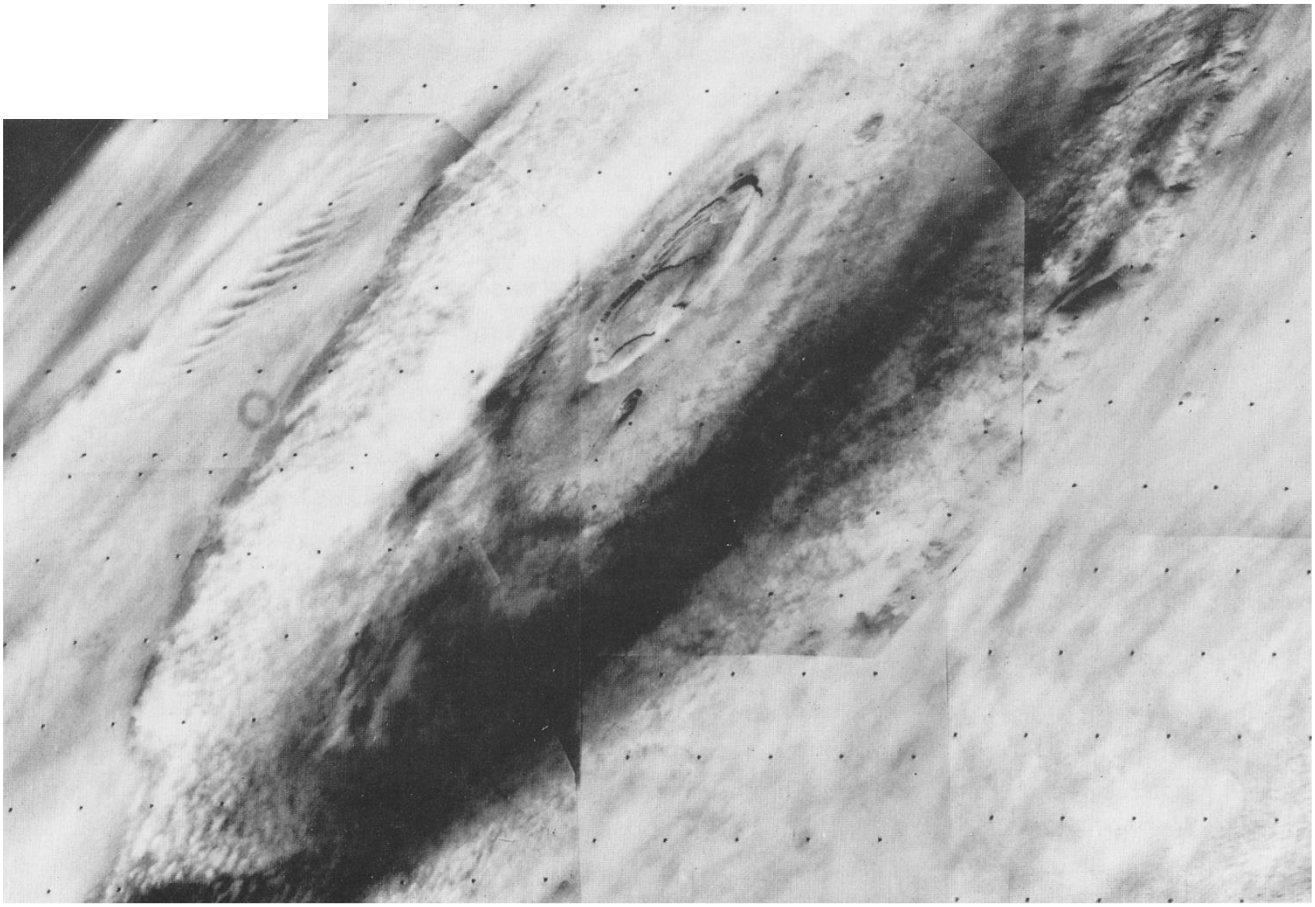
Lowell se reincorporó en 1901, justo a tiempo para la oposición de ese año ,aunque las oposiciones de 1901 y 1903 no permitieron observaciones tan minuciosas como la de 1894, le sirvieron a Lowell para estudiar el hemisferio N marciano y comprobar que se veía afectado por un ciclo estacional equiparable al del hemisferio sur. Así, estableció la existencia en Marte de una "ola de oscurecimiento" que recorría el disco del planeta dos veces cada año marciano. Cuando en uno de los polos, coincidiendo con su deshielo, el oscurecimiento se extendía gradualmente y acababa por alcanzar el Ecuador, se observaba un fenómeno idéntico en el polo contrario. Esto reafirmaba la idea de Lowell de los ciclos de la vegetación marciana; durante la oposición de 1905 uno de los nuevos asistentes del Observatorio, Lampland, creyó fotografiar uno de los canales y Lowell aprovechó a difundir la noticia en la prensa. Pero la misma era demasiado pequeña para ser reproducida satisfactoriamente en la versión impresa de los periódicos, esto, junto con el escepticismo cada vez mayor de la sociedad astronómica respecto a los canales de Marte, hizo que Lowell desistiera de querer difundir la imagen (en su libro Mars and its Canals de 1906 la menciona, pero sin reproducirla).

En 1907 Alfred Rusell Wallace publicó "Its Mars habitable?" como réplica al último libro de Lowell; en su juventud había sido ingeniero, por lo que tenía conocimientos sobre la posibilidad de hacer obras hidráulicas en diferentes terrenos, Wallace observó que las temperaturas de Marcianas no eran como las de Inglaterra sino que en la mayoría del planeta eran inferiores al punto de congelación del agua, el aire era mucho más enrarecido a lo que Lowell supuso, y su superficie presentaba tantos cráteres como la de la Luna, por ende concluyó que: *"cualquier intento de transportar este escaso excedente (de agua) por medio de canales de gravedad hasta el ecuador y el hemisferio opuesto a través de regiones desérticas terribles y expuestas a cielos tan despejados como los que describe el señor Lowell, tendría que ser obra de un equipo de locos y no de hombres inteligentes".*

Desde entonces las críticas se multiplicaron y Lowell comenzó a quedar solo, poco después, el mismo se rendiría ante la evidencia; las investigaciones espectroscópicas de 1908 fracasaron en su intento por encontrar vapor de agua en la atmósfera de Marte, y durante la oposición de 1909 el Observatorio de Meudon utilizó un telescopio refractor de 83 cm (más avanzado que el de Lowell) para estudiar la superficie de Marte demostrando en solo una noche de observación (20-09-1909) la estabilidad de la superficie marciana y la ausencia de canales.

Lo curioso es que uno de los astrónomos que participó en la refutación de la teoría de Lowell, su ex discípulo William Henry Pickering, creía que las manchas oscuras del cráter lunar Eratóstenes eran producidas por grandes concentraciones de insectos selenitas, sostenía que su aspecto era semejante a lo que un hipotético astrónomo selenita vería al observar las praderas norteamericanas repletas de manadas de búfalos, también era escéptico respecto a la probabilidad de crear máquinas voladoras: *"La mente popular frecuentemente se imagina gigantescas máquinas voladoras cruzando a toda velocidad el Atlántico, transportando innumerables pasajeros. (...) Parece acertado afirmar que esta idea es completamente visionaria"*.

En 1969, nuevas observaciones de las sondas Mariner-4, 6 y 7 no encontraron canales naturales ni obras de ingeniería hidráulica como creyeron ver Schiaparelli y Lowell, pero descubrieron que la atmósfera marciana era principalmente de dióxido de Carbono; el hielo encontrado en sus polos era dióxido de Carbono congelado, no agua helada, la temperatura y presión de la atmósfera prohibían el presencia de agua líquida en su superficie; hacia 1970, Marte se presentaba tan poco prometedor biológicamente que habría sido difícil justificar una búsqueda de vida allí, el panorama biológico mejoró significativamente en 1971 cuando las cámaras del Mariner-9 descubrieron un gran valle (Vallis Marineris), volcanes extintos y clara evidencia de antiguos lechos de ríos y arroyos.



En el Sistema Solar, Marte es el planeta con mayores posibilidades de albergar vida y por el que las naciones espaciales han reavivado el debate sobre la Protección Planetaria; el primer objetivo es retornar muestras en una misión y luego la empresa mas importante, el envío de seres humanos a su superficie; antes de planear una misión humana, habrá que prestar mucha atención a cuestiones de Protección Planetaria.

Estados Unidos como la Unión Soviética aterrizaron naves en la Luna, Marte y Venus, poco se sabe sobre las medidas de Protección Planetaria adoptadas por la Unión Soviética, pero Estados Unidos ha aplicado controles a varias misiones, lo mejor conocido en este aspecto son las misiones Apollo, también las misiones Viking a Marte implicó medidas rigurosas tomadas para proteger la contaminación de ese planeta y evitar interferencias, a pesar de la experiencia con los experimentos de detección de vida que se llevaron a cabo, se obtuvieron dos razones principales, primero, es extremadamente difícil detectar vida extraterrestre y, si existiera, se debería evaluar si representa un peligro para la vida terrestre (incluso, se especula, pero no se sabe si las formas de vida terrestres resistentes podrían sobrevivir en otros planetas) en segundo lugar, implementar medidas de Protección Planetaria en una misión sería técnicamente complejo.

Debido a que no se está seguro de si existe vida en Marte, y es poco probable que lo sepamos con certeza antes de lanzamientos de sondas a corto plazo, la Junta de Estudios Espaciales del Consejo Nacional de Investigación recomendó que la NASA adopte un enfoque conservador en la Protección Planetaria para todas las misiones a Marte, esto significa que todas las naves espaciales robóticas y el equipo científico se limpiaran, esterilizarán y probarían en profundidad durante el montaje para minimizar la contaminación microbiana y orgánica antes del lanzamiento, de cara al futuro, los planes para la primera misión de retorno de muestras requerirán del diseño y la construcción de una instalación de recepción de muestras donde los materiales marcianos cumplan la cuarentena durante los análisis rigurosos.

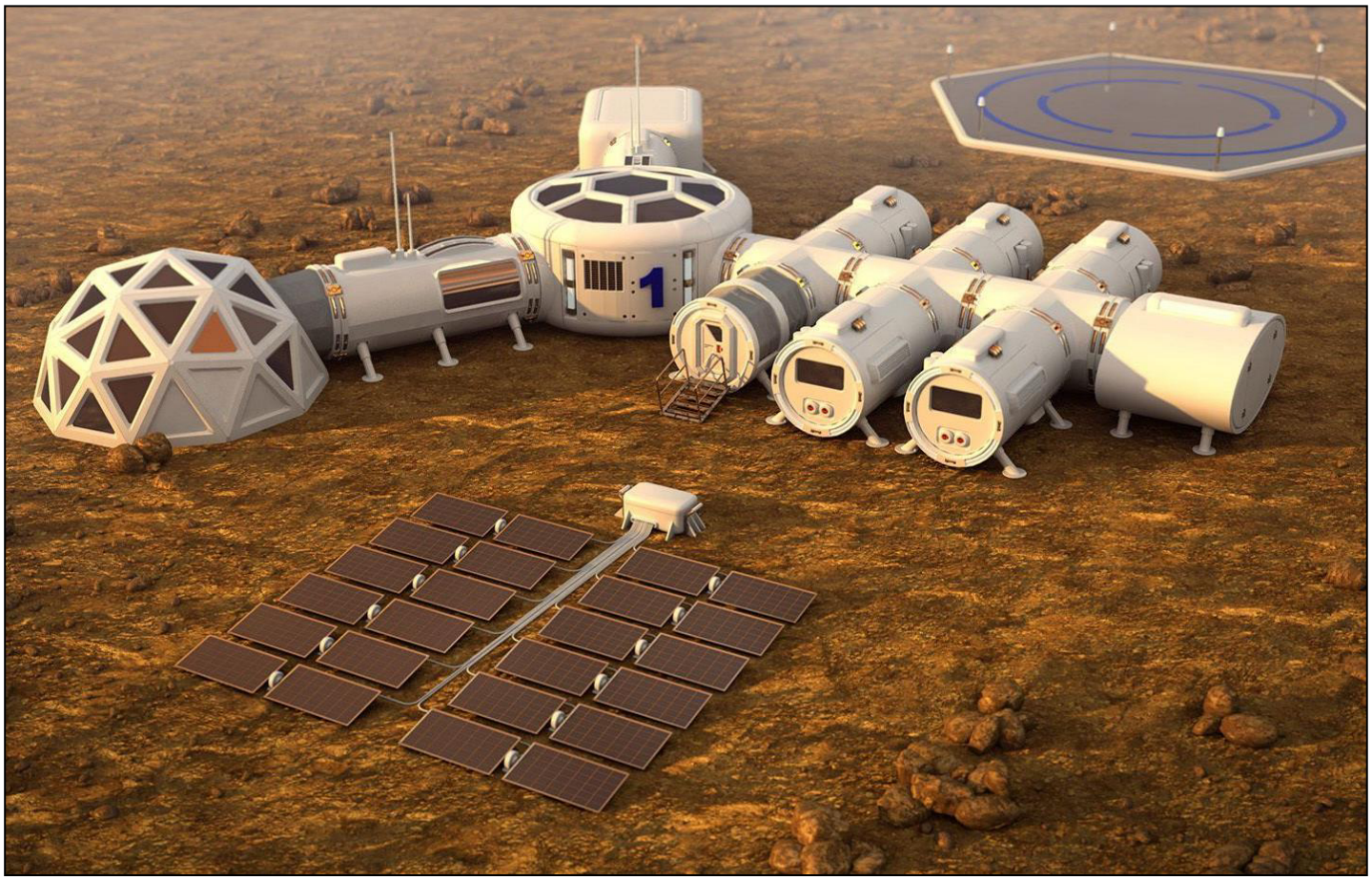
Antes de que los humanos puedan ser enviados a Marte, la información de las misiones precursoras robóticas será esencial para identificar y mitigar los peligros potenciales para los astronautas, se necesitará información más detallada sobre la geología y el terreno marcianos para garantizar un aterrizaje seguro y para ayudar a los humanos y rovers a maniobrar en la superficie, será necesario comprender la superficie para determinar las propiedades mecánicas como resistencia, estabilidad y características abrasivas.

Los materiales de una superficie inestable o cambiante podrían causar problemas de movilidad o socavar la resistencia requerida en el hábitat o en los sitios de aterrizaje, a largo plazo, la abrasión o fricción de los materiales de la superficie podría causar un desgaste excesivo en el equipo y los trajes espaciales, también será necesaria información sobre los peligros de la radiación, así como el potencial de intrusión y acumulación de polvo en el aire, a fin de diseñar un soporte de vida artificial seguro para las tripulaciones humanas, si los polvos son tóxicos o contienen peligros biológicos (y posibles formas de vida) que puedan exponer a los astronautas a condiciones de trabajo inseguras o insalubres.

Independientemente de si se puede descubrir vida en los años intermedios, está claro que una misión humana a Marte requerirá una planificación extensa y cuidadosa, se reconoce que los exploradores humanos contaminarán el planeta con su sola presencia, se estudia si esta inevitable contaminación estará en un nivel considerado dañino según los términos del Tratado del Espacio Ultraterrestre, y si la presencia de humanos y sus microbios simbióticos y contaminantes orgánicos confundirá la exploración científica que buscan realizar.

Aunque la exploración humana de Marte está a décadas en el futuro, no es demasiado pronto para considerar las implicaciones de la Protección Planetaria en los diseños y planes de la misión, la Comisión Luna-Marte, encabezada por el astronauta Pete Aldridge, recomendó que la NASA adopte políticas de desarrollo evolutivo en espiral como una forma de alcanzar gradualmente las difíciles metas a largo plazo, cada misión robótica, ya sea de ida o ida y retorno, ofrecerá la oportunidad de desarrollar, probar nuevos sistemas y recopilar datos precursores importantes que contribuirán al éxito final de las misiones humanas.

La primera misión humana probablemente será la experiencia inicial de operar completamente el sistema completo para todos los propósitos previstos, muchos de los factores de riesgo generales de la misión típicamente identificados por los ingenieros afectarán tanto la seguridad de la tripulación como la Protección Planetaria, especialmente aquellos factores de riesgo relacionados con la contaminación, seguridad de la tripulación e integridad de la Protección Planetaria y el éxito general de la misión son objetivos estrechamente relacionados e interdependientes.



Cuando se lleven a cabo las primeras misiones humanas, probablemente los astronautas, como los dispositivos robóticos sean elementos importantes para explorar el planeta, ambos requerirán controles de Protección Planetaria de diferentes tipos, y cada uno afectará las consideraciones de diseño y operacionales, para comprender los problemas de Protección Planetaria interrelacionados será necesario analizar la misión y considerar la compleja combinación de presencia humana, requisitos fisiológicos y biomédicos, objetivos científicos, equipo de la misión, actividades de exploración y hardware espacial desde varias perpectivas.

Protegiendo Marte y la exploración científica de la contaminación directa, protegiendo la salud y seguridad de los astronautas durante una misión de larga duración y previniendo la contaminación de la Tierra por posibles fuentes contaminantes de Marte al regresar, además, será importante anticipar cómo varios escenarios operativos podrían afectar cada una de estas perspectivas críticas de Protección Planetaria, si existe la necesidad de excavar y recolectar grandes cantidades de materiales para su uso en la fabricación de combustibles o el cultivo de alimentos en una base marciana.

Surgirán muchos problemas y riesgos de Protección Planetaria debido al hecho de que un componente clave de las misiones humanas, los astronautas, no se pueden esterilizar antes del lanzamiento, este problema fundamental se puede abordar diseñando todas las operaciones de la misión humana inicial para incluir un aislamiento de los humanos de cualquier contacto directo con los materiales marcianos.

Este aislamiento planificado tendrá dos propósitos importantes: proteger al planeta Marte de la contaminación por microbios terrestres y evitar la contaminación de los experimentos científicos y las observaciones durante la misión; para satisfacer estas necesidades duales se deberán abordar los controles de Protección Planetaria como parte de las etapas iniciales del diseño de la misión y el hardware, especialmente para las misiones de exploración de superficie que incluyan humanos.

La planificación de las misiones humanas debe basarse en un conocimiento detallado sobre Marte e información del sitio local de la evaluación robótica precursora y las misiones de retorno de muestras, sera necesario un sistema completo de clasificación de sitios que describa y categorice las áreas marcianas por interés científico especial y por nivel de contaminación, sirviendo como una ayuda importante para seleccionar las ubicaciones de los sitios de bases y objetivos de la misión, debiendo desarrollar los planes operativos de manera que se evite la contaminación dañina de su superficie.

Se necesitará atención adicional al desarrollo y diseño para muchas actividades de exploración a fin de garantizar operaciones efectivas y el nivel requerido de garantía de Protección Planetaria, los factores humanos generales también deberán considerarse junto con los problemas de Protección Planetaria para las misiones humanas; los efectos físicos o psicológicos que conduzcan al debilitamiento y la reducción de la capacidad de rendimiento de los astronautas pueden contribuir a acciones o comportamientos no deseados, que a su vez podrían resultar en contratiempos con consecuencias potencialmente graves para la Protección Planetaria.

Para la protección de Marte y evitar la contaminación directa, será necesario desarrollar trajes espaciales, rovers y hábitats para las actividades humanas, con especial énfasis en los sistemas de ventilación, filtración y equipos detectores, monitorear la liberación o escape de microbios, métodos de limpieza efectivos, pautas de limpieza y esterilidad adecuadas para el equipo utilizado en Marte; el equipo de perforación subterránea será un desafío debido a consideraciones de tamaño y peso, así como a preocupaciones de contaminación cruzada, por lo que habrá que analizar y comprender los posibles impactos ecológicos en Marte y su posible mitigación.

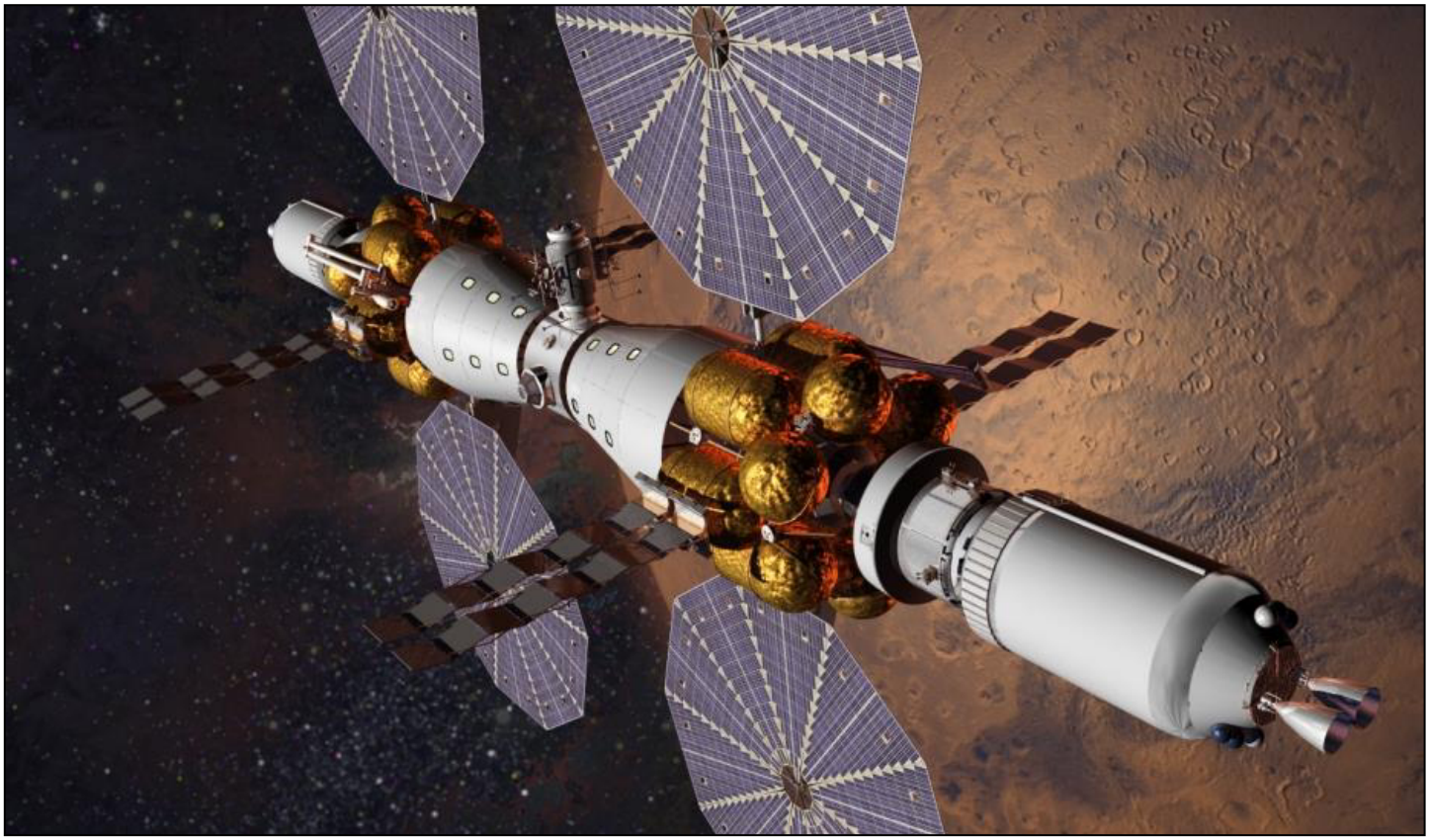
Para proteger la salud y la seguridad humanas durante toda la misión, se necesitará investigación sobre medidas para controlar la exposición a los riesgos dentro de los hábitats y durante las operaciones de ocupación y exploración del hábitat, concentrándose en factores como la radiación ionizante, polvo, descargas eléctricas, soporte vital, diseño del hábitat y movilidad, así como eliminación de desechos y procedimientos de investigación en el laboratorio

La protección de la Tierra a su regreso implicará los preparativos para manipular y analizar las muestras de la tripulación y de Marte durante el tránsito y al llegar a la Tierra, la NASA completó recientemente un estudio internacional de varios años para desarrollar un protocolo preliminar para el retorno de muestras que implica una estricta biocontención y pruebas en una instalación especial de recepción de muestras.

Para misiones humanas, el manejo, contención, transporte y prueba de materiales marcianos durante la misión y el regreso de astronautas y muestras de Marte a la Tierra serán aún más complejas. Los métodos para aislar materiales y muestras marcianas de los astronautas mientras se encuentren en el planeta y durante el vuelo de regreso serán fundamentales para eliminar las principales preocupaciones.

En el caso de una brecha en la contención, falta de protocolo o exposiciones inadvertidas, deberá haber una arquitectura de misión que pueda acomodar la contención de la tripulación, la nave espacial y el equipo, si es necesario, hasta que lleguen a una instalación de contención en la Tierra.

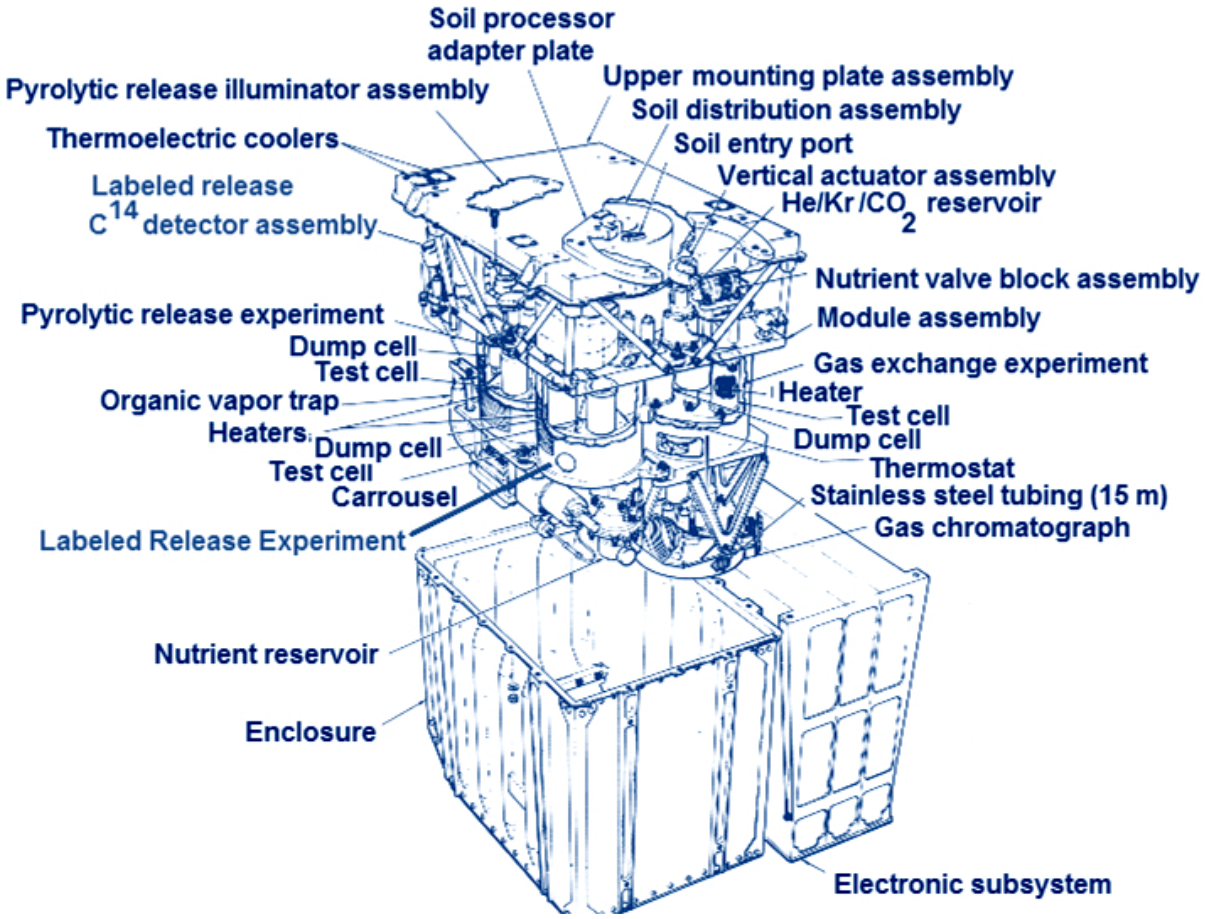
La NASA apoya conjuntamente un proyecto con la Asociación Estadounidense para el Avance de la Ciencia (AAAS) que incluye a biólogos, científicos planetarios, astrónomos, éticos, historiadores y eruditos religiosos para examinar los problemas filosóficos, éticos y teológicos asociados con los estudios del origen de la vida, búsqueda de vida microbiana extraterrestre y la exploración espacial que pudiera transportar microbios más allá de la Tierra, o tener un impacto en la vida microbiana extraterrestre, la Agencia Espacial Europea (ESA) convocó a un Grupo de Trabajo Ético internacional para considerar las implicaciones de la exploración y detección de vida microbiana extraterrestre en el programa espacial y la sociedad en general; ambos esfuerzos reconocen la importancia de comunicar públicamente el significado y las ramificaciones de la exploración espacial junto a los descubrimientos científicos y logros tecnológicos.



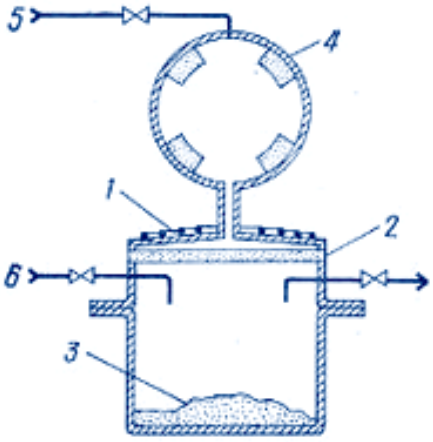
Misiones con laboratorios enviados a Marte

Viking 1 y 2

Se planificaron tres experimentos biológicos, medición del dióxido de Carbono radiactivo liberado cuando los microorganismos consumían el sustrato; un experimento de asimilación de Carbono-14 y dióxido de Carbono-14, el registro de los cambios en la composición del gas durante el desarrollo de microorganismos en la cámara de incubación (un recipiente para el cultivo) la composición de los experimentos se eligieron de tal manera que se tenían en cuenta los requisitos en la alimentación de la gama más amplia posible de los microorganismos xerófilos (tolerantes a la sequía) y organismos autótrofos (utilizados para alimentar la sustancia inorgánica) y heterótrofa (consumo de compuestos orgánicos) cada compartimiento del los landers estaban equipados para tomar muestras de suelo con una cabeza retráctil y un brazo mecánico, la cabeza se extendía por medio de una varilla tubular para una distancia de 0,9-3 m dentro de un ángulo de azimut de 120°, la entrada del cucharón estaba cubierta con un amortiguador, que evitaba que el suelo se derramara, luego de la operación de eliminación de suciedad, el conjunto giraba de manera que se pudieran distribuir las muestras a tres cámaras del laboratorio biológico, cada cámara podía contener de 1-2 cm^2 de superficie marciana, se planearon 35 experimentos a bordo de la estación, de los cuales 15 fueron para estudiar las propiedades químicas del suelo y la detección de moléculas biológicas, 2 para levantar el terreno y la microscopía del suelo y 5 para detectar el crecimiento y multiplicación de microorganismos después de amartizar, las baterías solares se apagaron y la potencia de los dispositivos y otras unidades se llevó a cabo utilizando un generador termoeléctrico que convirtió el calor de la desintegración del Plutonio-238 en calor.



El 29-07-1976, Viking-1 tomó la primera muestra del suelo de Chryse Planitia, que se colocó en una incubadora llena de una muestra de la atmósfera marciana, así, por primera vez en la historia de la humanidad, la experiencia directa comenzó a descubrir la vida en otro planeta, en la primera cámara, se añadió a la muestra de suelo un medio nutriente que contenía compuestos orgánicos marcados con Carbono, tales como formiato, lactato, glicina, glucosa y compuestos orgánicos para su humectación, se suponía que con el crecimiento y la multiplicación de los microorganismos, los sustratos nutrientes se descompondrían para formar dióxido de Carbono, cuya radioactividad se determinaría por medio de un contador, la inesperada liberación muy intensa de dióxido de Carbono causó una entusiasmo entre los científicos que realizaron el experimento, la asignación de gas, que era exactamente lo que los científicos esperaban si Marte tenía vida y si las bacterias marcianas asimilaran nutrientes terrestres. Sin embargo la cantidad de gas comenzó a disminuir rápidamente, y con ella también el entusiasmo de los científicos.

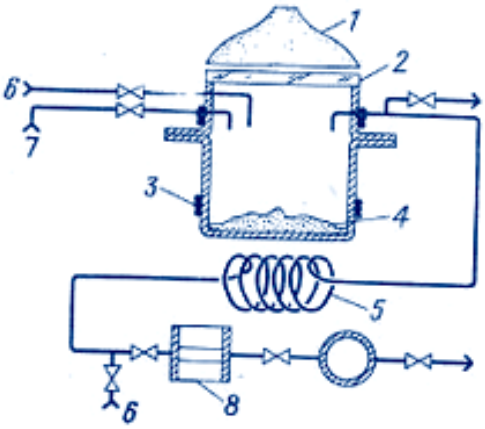


Cámara para registrar el dióxido de Carbono marcado liberado

1- Calentador eléctrico; 2- Filtro biológico; 3- Muestra de suelo;
4- Detector Carbono-14; 5- Entrada de gas; 6- Aporte de nutrientes

Tres días más tarde, el líquido nutriente se añadió al suelo, causando radiactividad aumentando ligeramente al principio, y luego se redujo en un 30% y empezó a crecer un poco más, uno de los miembros del grupo que llevaba a cabo la investigación biológica, dijo *"La evolución del gas duró más de lo habitual en las reacciones químicas, pero menos que en la actividad biológica de los microorganismos, así que estamos en el medio".*

El Experimento Carbono-14 (C^{14}) de descomposición pirolítica, consistía en el hecho de que la cámara que contenía la muestra de suelo de Marte, administra más gases radioactivos marcados y vapor de H_2O, lo que sugería que si microorganismos en la muestra de suelo, asimilarían los gases etiquetados e incorporarían en la materia orgánica de la biomasa, después de varios días de incubación bajo los rayos de la lámpara de Xenón, que crea condiciones para la fotosíntesis, la muestra de suelo se pirolizó a 600º C, las sustancias orgánicas separadas en el catalizador volvieron al C^{14} , que se calculó contador de radiactividad.

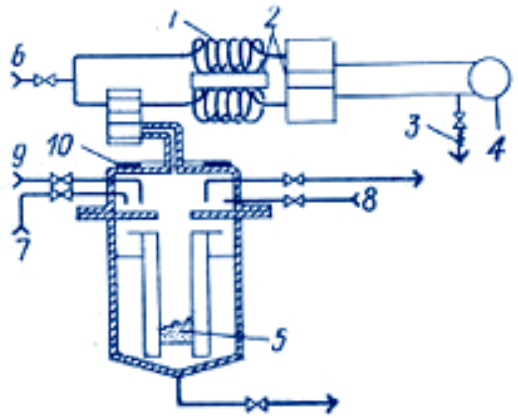


Cámara para el experimento de descomposición pirolítica

1- Fuente de luz; 2- Ventana
3- Calentador;
4- Muestra de suelo
5- Tubo absorbente y calentador; 6- Entrada de gas
7- Entrada de dióxido de Carbono marcado y vapor de agua
8- detector C^{14}

Viking-1 transmitió una señal sobre la liberación de gas, cuya radioactividad era de 96 msv/min (experimento similar con suelo estéril tomado en la Antártida dio una señal de 11-40 msv) parecía que los científicos tenían todas las razones para concluir que la vida en Marte existía. Sin embargo, esta vez fueron más cautelosos en sus conclusiones y esperaron los resultados del tercer experimento por definición de intercambio de gases.

En el curso del experimento de intercambio de gases, la muestra de suelo marciano se humedeció mediante una composición compleja con un medio nutriente creando la descomposición de sus componentes para liberar varios gases, se esperaba, extraer dióxido de Carbono, Metano, sulfuro de Hidrógeno, Hidrógeno, Amoníaco, óxidos deNitrógeno del suelo marciano, después de la adición del medio nutriente al suelo, una liberación rápida del Oxígeno comenzó, excediendo el esperado (15 a 20 veces) como en el primer experimento, la intensidad de la liberación pronto disminuyó.

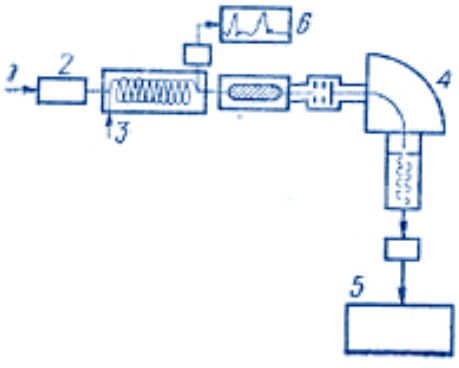


Cámara para la realización del experimento de intercambio gaseoso

1- Columna cromatográfica;
2- Ventana
3- Reóstato;
4- Amortiguador
5- Muestra de suelo
6- Inyección de Helio
7- Entrada de Criptón; 8- Aporte de nutrientes;
9- Entrada de gas; 10- Calentador

No ocurrieron cambios en los próximos 7 días en la atmósfera de la cámara, el suelo se humedeció con un medio nutriente, pero la evolución de Oxígeno y el dióxido de Carbono fue significativamente menor que la primera vez, los científicos sugirieron que los fenómenos observados eran probablemente causados por sustancias inorgánicas contenidas en el suelo marciano, tampoco se excluía que en el suelo marciano huviera cristales de peróxido de Hidrógeno, la complejidad de interpretar todos estos datos requería un experimento de control fiable, se planificó calentar la muestra de suelo a +160 °C durante 3 hrs, seguido de la adición de nutrientes a esta muestra. Como los microbios mueren cuando se calientan, no debían producirse cambios en la composición de la atmósfera de las cámaras experimentales, luego de añadir nutrientes a la muestra de suelo quemada, se liberó dióxido de Carbono, que cesó abruptamente después de un tiempo (si esto sucediera con una muestra de suelo terrestre, los científicos podrían declarar la presencia de organismos vivos).

El experimento sobre el análisis de la materia orgánica del suelo pudo aclarar la situación, pero no se encontró materia orgánica en el suelo marciano.



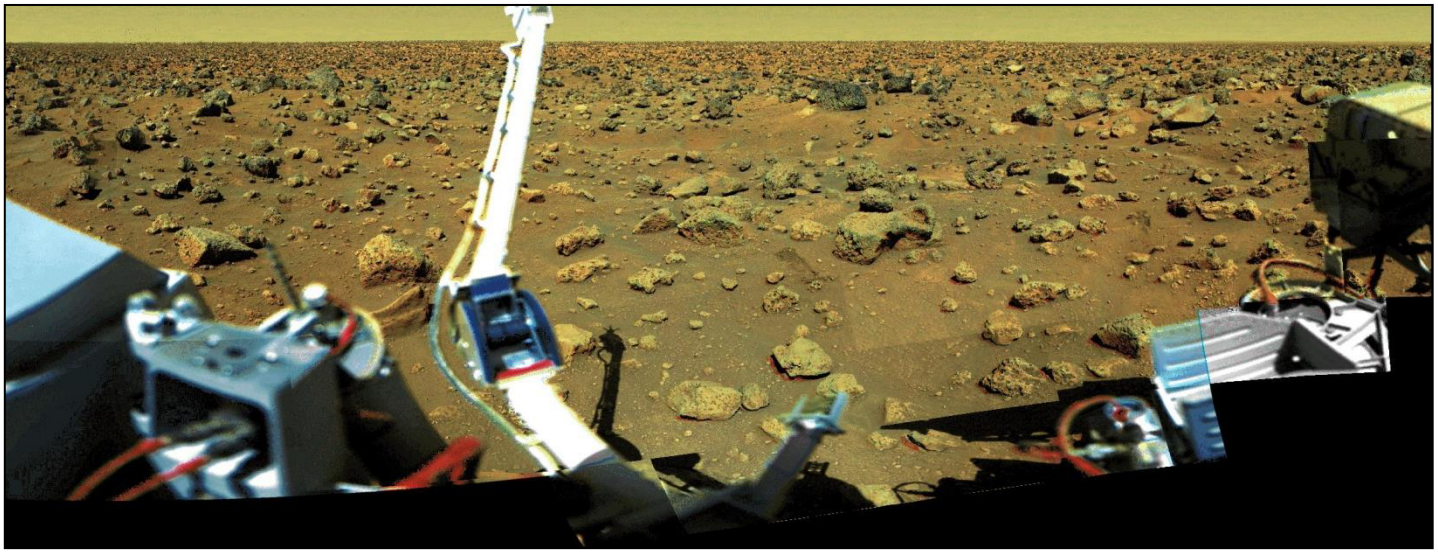
Dispositivo para detectar sustancias orgánicas en el suelo de Marte

(Combinación de una cámara pirolítica, una columna de cromatografía de gases y un espectrómetro de masas)

1-Entrada de la muestra; 2-Cámara de combustión; 3-Toma en la columna cromática; 4-Espectrómetro de masas, 5-Unidad de registro del espectro de masas; 6-registro de lecturas cromatográficas

¿Por qué no se encontraron sustancias orgánicas en las muestras de superficie marciana? primero, porque probablemente no esten allí; segundo, porque si existen, son tan pequeños que el instrumento utilizado para este propósito (espectrómetro de masas) de baja sensibilidad podría no haber detectado sus huellas, también se sugiere que el trabajo del dispositivo podría haber sido evitado por una cantidad inesperadamente alta de H_2O, que estaba en el suelo de Marte y que enmascara la presencia de moléculas orgánicas.

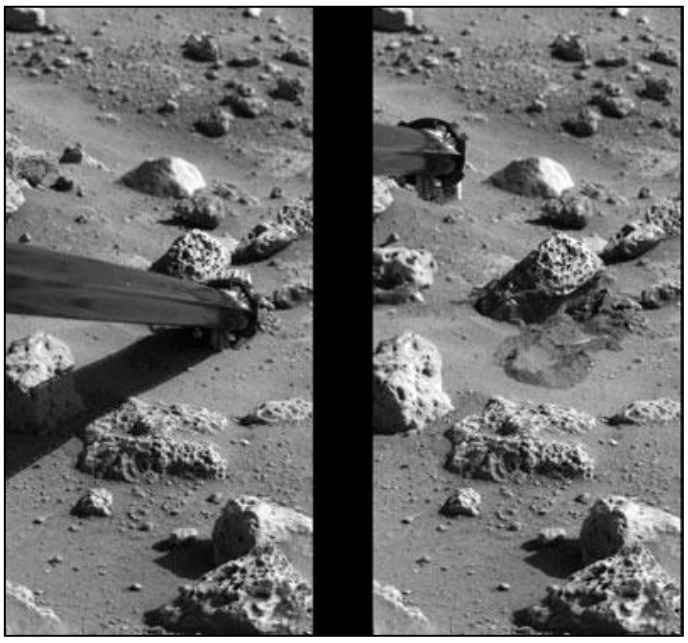
El 25-11-1976, la conexión de la Tierra con las Viking se interrumpió temporalmente debido al paso de Marte a la sombra del Sol, luego de este suceso se restauró la comunicación y las estaciones reanudaron (enero de 1977) la aplicación de los experimentos científicos, durante toda la interrupción del trabajo las muestras de suelo tomadas se mantuvieron en las cámaras de ensayo, se decidió mantener una de las muestras de la superficie de Utopía Planitia en el Viking-2 durante 7 meses, los resultados transferidos fueron idénticos a los datos del Viking-1.



Los landers no podían dar una respuesta definitiva acerca de la presencia de vida en el planeta y se decidió apagar los sistemas a bordo porque la investigación biológica no sería posible debido al cambio brusco de las condiciones climáticas en la superficie marciana, se concluyó que como resultado del programa Viking, no fue posible detectar la vida en Marte, la información científica puede interpretarse como evidencia de la actividad vital de organismos microscópicos, o como resultado de reacciones químicas desconocidas para los científicos, es posible que la vida en Marte se concentre en ciertos lugares y no en todas partes del planeta, escapando de los rayos UV, los microorganismos pueden estar en varios refugios, en relación con esto, se planeó que el dispositivo de recogida de muestras girara una roca situada cerca y luego tomar una muestra de la superficie desde debajo de ella, el hecho es que el lugar bajo la piedra durante millones de años ha sido protegido de los efectos de la radiación UV, este experimento terminó en vano; muchos científicos creen que la razón del fracaso en intentar descubrir la vida marciana reside en el geocentrismo de los experimentos establecidos en el Viking, los microbios marcianos pueden reaccionar a las condiciones que se les ofrecen de una manera completamente diferente de lo que los científicos supusieron, es posible que las cámaras de prueba hayan estado demasiado calientes (5 °C) en comparación con la temperatura que prevalece en el planeta (-90 °C) es posible que los microorganismos marcianos no puedan usar agua líquida; una razón plausible para el fracaso de las Viking en su intento de encontrar vida en Marte, pueden existir en su suelo compuestos químicos (peróxidos ozónidos) que se destruyen en contacto con H_2O liberando Oxígeno, este último oxida sustancias orgánicas con la formación de dióxido de Carbono, condiciones que impiden la posibilidad de encontrar vida por los métodos que fueron adoptados.

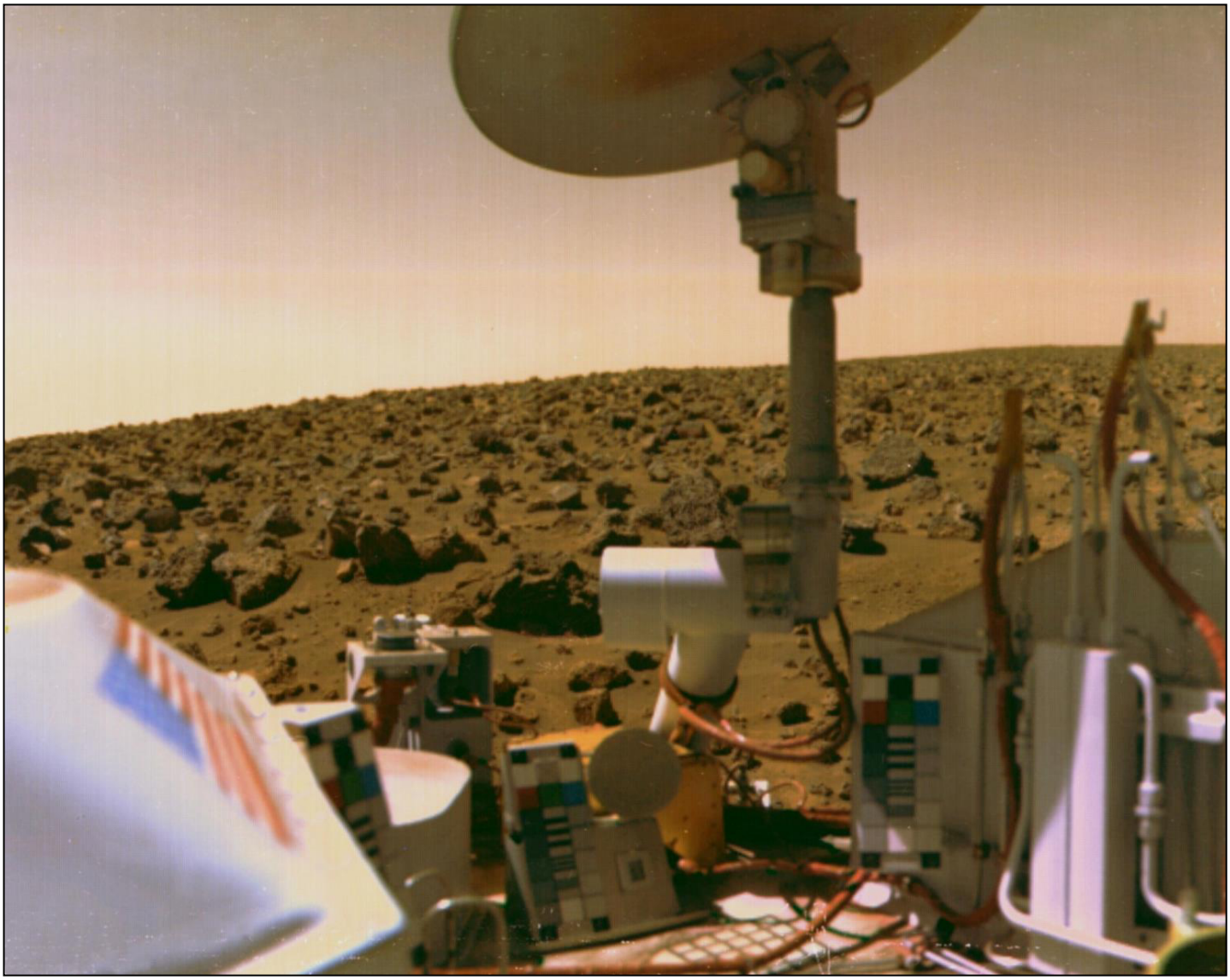
Los principales componentes del suelo fueron Hierro, Calcio, Aluminio, Silicio y Azufre, el Titanio se encontró presente en pequeñas cantidades, estos resultados son con el supuesto de que la superficie marciana consiste en una mezcla de partículas de silicatos de grano fino y minerales de óxidos con una mezcla significativa de sulfatos (posiblemente hidratados), los óxidos de Hierro son el componente responsable del color rojizo de la superficie, si lo cubren granos de silicato, la capa debería ser debe ser muy delgada o discontinua, las características de los espectros indican una alta concentración de Hierro, un contenido relativamente bajo de Aluminio, Rubidio, Estroncio y Zirconio, y una alta concentración de Calcio, el procesamiento preliminar de los datos dio como resultado los siguientes valores de la concentración de peso relativo Hierro 14±2%; Titanio <1%; pequeñas cantidades de Estroncio, Rubidio y Zirconio en comparación con las rocas ígneas terrestres (esto indica que la muestra de suelo investigado comprende al menos en parte, productos de la meteorización) el Azufre está presente principalmente en forma de sulfatos (sulfato de Calcio, Magnesio, Hierro, o metales alcalinos) la capa de regolito superficial es dominada por una composición de Silicio y Hierro con un contenido sustancial de Magnesio, Aluminio, Azufre, Calcio y Titanio, se encontró una concentración de Silicio en forma de dióxido de Silicio en el área de amartizaje del Viking-1 en un 45±5%, los valores de concentración más altos (60±10%) fue obtenido según espectroscopia IR orbital durante la tormenta global de polvo en 1971.

La recogida y análisis de muestras sucesivas de suelo llevaron a la conclusión de que la fracción de regolito fino cerca del lander en Chryse Planitia tiene adherencia mucho más fuerte que los análogos terrestres investigados en condiciones de laboratorio, la composición considerada del regolito marciano es más naturalmente interpretada como el resultado de la meteorización de rocas ígneas máficas (oscuras) un modelo mineralógico sobre el regolito marciano mostró que las partículas son una mezcla de aproximadamente 80% de arcilla rica en Hierro, 10% de sulfato de Magnesio, 5% de carbonato (calcita) y 5% de óxidos de Hierro (hematita, magnetita) la presencia de arcillas ricas en hierro significa que para su formación a partir de las rocas máficas en Marte, debe haber suficiente H_2O o hielo, la naturaleza máfica del componente finamente disperso del suelo, que tiene una distribución global, y las rocas que son la fuente de este componente, impide una diferenciación planetaria a gran escala, similar a la terrestre.



Después del amartizaje del Viking-1, tres muestras de suelo fueron tomadas en los días marcianos (soles) 8, 14, 31 la muestra obtenida en el sol-8 es un material de grano fino (principalmente de una profundidad de 4-6 cm) mezclado con el material superficial (su fracción no excede el 10%) la muestra, referente al sol 14, era casi idéntica y por lo tanto no fue analizada, la muestra del sol 31 se tomó a una distancia de aproximadamente 3 m del sitio de la primera muestra y consta predominantemente del material granular de la superficie, el análisis de ambas muestras no reveló componentes orgánicos en cantidades superiores a varias partes por billón, cuando se calentaron a 350 y 500 °C, se liberaron cantidades apreciables de H_2O (0,1 a 1%) que aparentemente era una parte integral de los hidratos de los minerales, sin dióxido de Azufre, sin Azufre libre y sin sulfuro de Hidrógeno, los resultados obtenidos excluyen la posibilidad de cualquier proceso moderno eficiente que produzca componentes orgánicos (por supuesto, la generalidad de tal producción está limitada por la fragmentación del análisis).

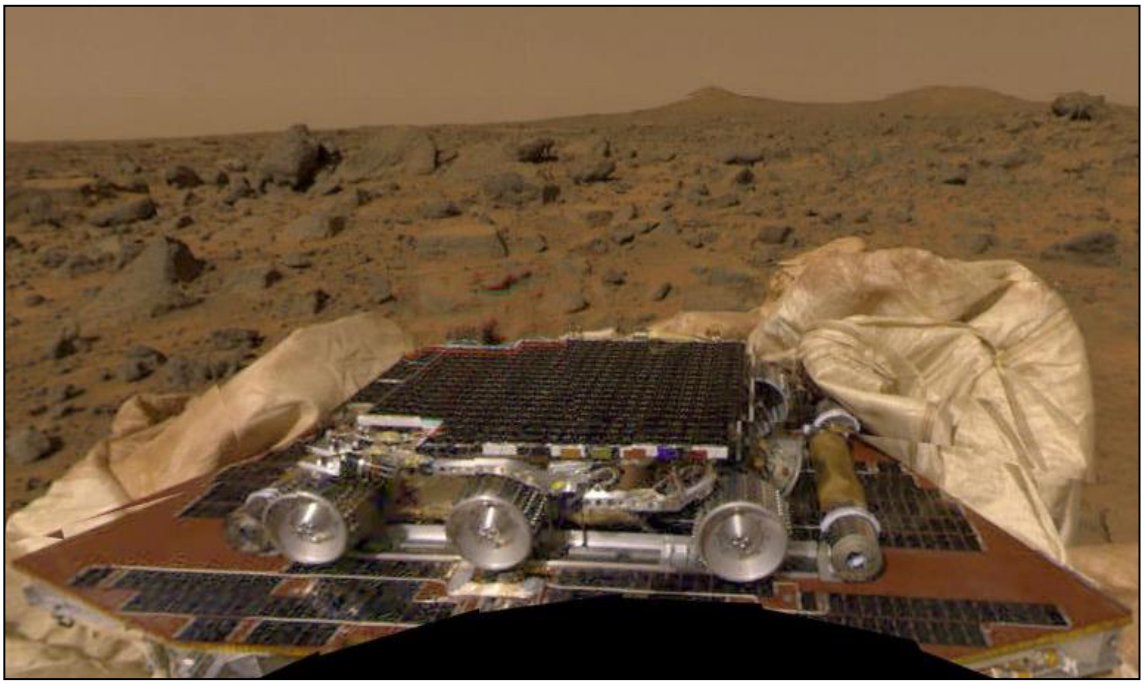
La mayoría de los científicos están de acuerdo en que los landers Viking no encontraron actividad biológica en los lugares de amartizaje, los sitios no fueron elegidos para optimizar la búsqueda de vida, y los experimentos biológicos en una variedad limitada de tipos metabólicos fueron muestreados a sólo unos cm por debajo de la superficie en dos lugares, se ha propuesto que los organismos podrían existir en la profundidad de la superficie, que la vida en la Tierra pudo haber comenzado 5 a 10 Km debajo de su superficie y que podría ocurrir en profundidades similares en Marte.



Si el agua corrió en el pasado de Marte, es posible que la vida se haya originado allí, las cámaras enviaron paisajes de una desolación, un Marte tardío, rocoso, sin rastros de vida, no fue una sorpresa dado que sólo la vida microbiana podría ser posible para Marte, y las cámaras tanto de los landers, como los orbiters actuales no podrían detectarlo.

Los meteoritos proporcionan fuentes no biológicas, el planeta Marte debería haber acumulado suficiente material meteorítico a lo largo de las edades para ser detectado por instrumentos sensibles, pero no hay rastros de materia orgánica en el nivel de detectabilidad de partes por mil millones

Mars Pathfinder

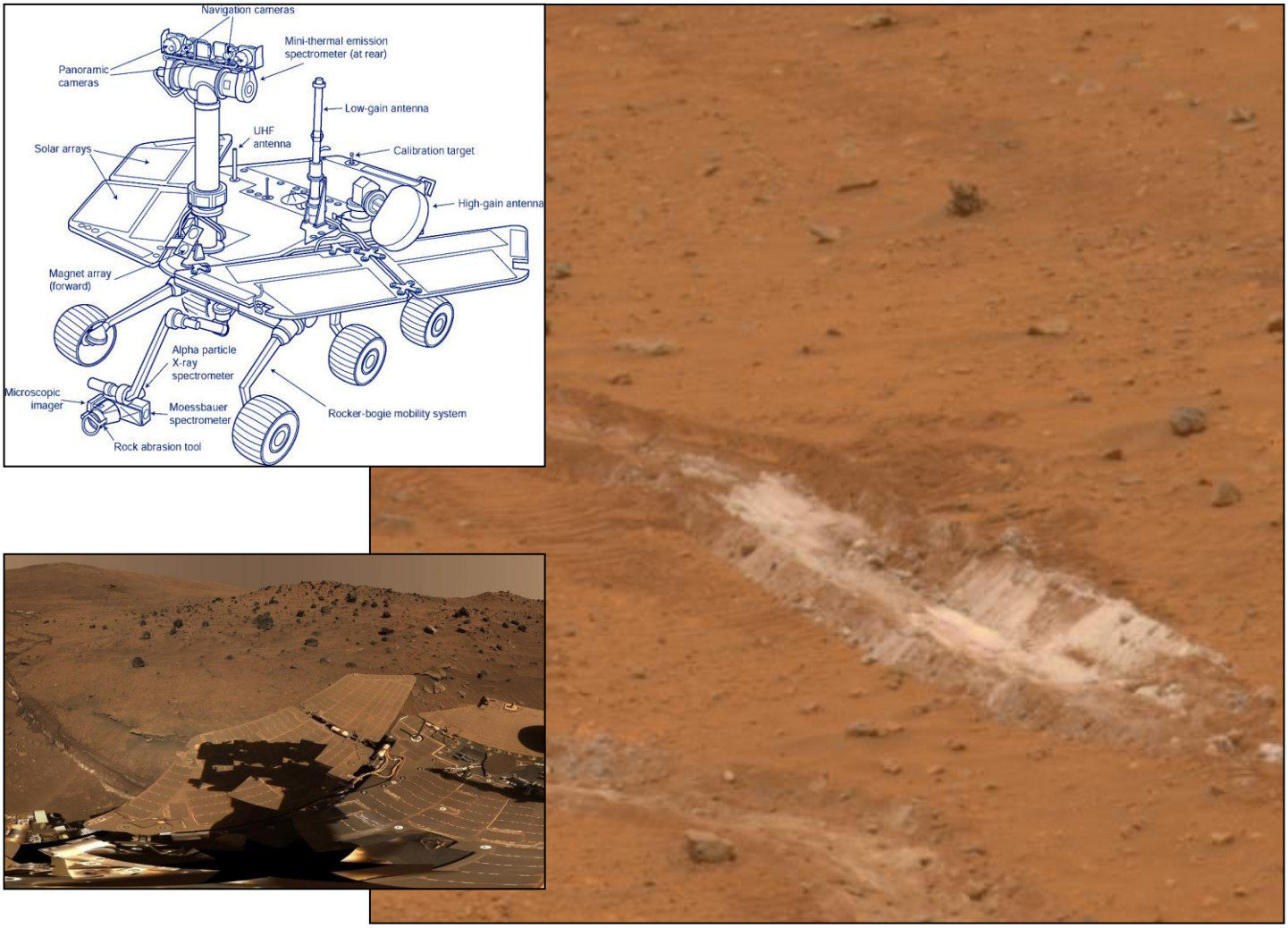


Fue lanzada el 4-12-1996 y amartizó el 4-07-1997, luego de desplegarse y empezar a rodar el rover que llevaba, comenzó a estudiar las rocas el primer análisis fue en la roca Barnacle Bill, el espectrómetro de rayos-X de partículas (APXS) se usó para determinar su composición, tardó 10 hrs en hacer una exploración completa de la muestra y encontró todos los elementos excepto el Hidrógeno, que constituye solo el 0.1 % de la masa de la roca o del suelo, los resultados indicaron que esta roca era muy similar a las andesitas de la Tierra, lo que confirmó la actividad volcánica pasada, el descubrimiento de andesitas muestra que algunas rocas marcianas han sido fundidas y reprocesadas (en la Tierra, la andesita se forma cuando el magma se asienta en bolsas de roca mientras se asienta algo de Hierro y Magnesio, finalmente, contiene menos Hierro y Magnesio y más Sílice) las rocas volcánicas generalmente se clasifican comparando la cantidad relativa de álcalis (Na_2O y K_2O) con la cantidad de Sílice (SiO_2) la andesita es diferente de las rocas que se encuentran en los meteoritos que provienen de Marte.

El terreno, tenía señales de haber sido inundado y se demostró que se trataba de canales por los que alguna vez surcaron enormes cantidades de H_2O, en vez de rocas o lava; una cuenca cubierta por depósitos sedimentarios que coincidía con el alcance que habrían tenido posibles inundaciones y que habrían formado un mar interior que separaría la mayoría de los gigantescos canales marcianos del sitio de amartizaje de Mars Pathfinder.

Los flujos de lava habrían llenado la cuenca antes de llegar a la zona del sitio de amartizaje, la existencia misma de la cuenca requiere inundaciones como el mecanismo de formación principal de los canales, una observación que replantea su entorno paleo-geográfico como parte de un aliviadero marino, que formó una barrera terrestre que separaría lo que alguna vez fue un mar interior, la zona carece de terrazas costeras, lo que demostraría una rápida regresión sobre pendientes sumergidas poco profundas, y que resultó en tasas de retroceso del frente de la costa demasiado rápidas para que se formaran terrazas, a diferencia de la Tierra, este mar probablemente fue alimentado por aguas subterráneas, si los antiguos acuíferos de origen alojaron vida, los materiales sedimentarios marinos en el sitio de Mars Pathfinder podrían contener un registro de esa vida, pero la nave no llevó ningún equipo adicional para hacer estudios sobre búsqueda de vida microbiana en el suelo marciano.

Mars Exploration Rover (Spirit y Opportunity)



Fueron dos rovers de características idénticas lanzados desde Cabo Cañaveral el 10-06-2003 (Spirit) y 28-06-2003 (Opportunity), cada uno a bordo de cohetes Delta-II, Spirit amartizó exitosamente el 3-01-2004 y el 24-01-2004 amartizó el rover Opportunity.

4 espectrómetros diferentes a bordo de los rovers acumularon información acerca de la composición química y mineralógica de las rocas y el suelo marciano, además de herramientas de abrasión especiales que permitieron a los científicos examinar el interior de algunas rocas.

El estudio realizado por el rover Opportunity sobre los cráteres Endurance y Eagle revelaron evidencias de antiguos lagos que se evaporaron y hoy son una superficie arenosa rica en sulfato; la investigación inicial del rover Spirit en el cráter Gusev reveló la existencia de un ambiente basáltico, también encontró gran variedad de rocas que indican que el Marte primitivo se caracterizaba por los impactos, vulcanismo y H_2O subterránea.

Ambos rovers proporcionaron a lo largo de su misión pruebas sustanciales de la actividad del H_2O en el planeta en el pasado, lo que supuso un importante avance en la exploración del planeta Marte.

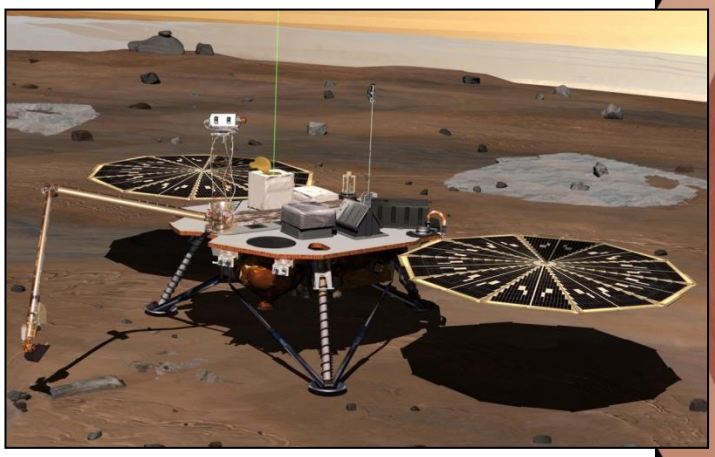
Mars Phoenix Lander

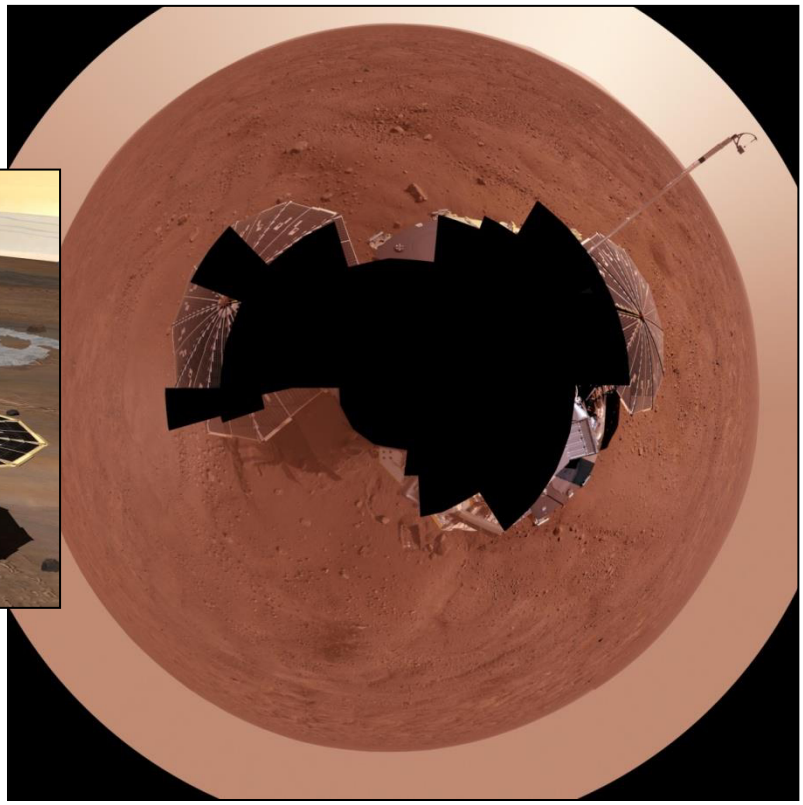
Su lanzamiento se llevó a cabo el 4-08-2007 a bordo de un cohete Delta-II 7925 desde la plataforma de la Estación de la USAF de Cabo Cañaveral, el lander amartizó en el llamado Green Valley de Vastitas Borealis el 25-05-2008, llevando a bordo varios microscopios, analizadores de gas, cámaras, estación meteorológica con un láser LIDAR y un laboratorio de química húmeda.

A diferencia de otros lugares visitados en Marte, casi todas las rocas cerca del lander eran pequeñas hasta donde la cámara podía ver, en un terreno plano con formaciones de poligonales de entre 2 y 3 m de diámetro delimitados por canales de 20 a 50 cm de profundidad, estas formas se deben a que el hielo en el suelo se expande y contrae debido a los grandes cambios de temperatura.

El microscopio que llevó la nave demostró que el suelo en la parte superior de los polígonos estaba compuesto de partículas planas (probablemente un tipo de arcilla) y partículas redondeadas, además, el sitio de amartizaje no tenía ondas ni dunas, el hielo estaba presente a pocos cm debajo de la superficie en la zona central de los polígonos y a lo largo de sus bordes, cuando el hielo se exponía a la atmósfera se sublimaba lentamente.

Se observó que la nieve caía de los cirros, las nubes se formaban a una temperatura atmosférica de alrededor de -65 °C, por lo que las nubes tendrían que estar compuestas de hielo de H_2O, en lugar de hielo de dióxido de Carbono (hielo seco), se cree que el hielo de H_2O (nieve) se habría acumulado anteriormente en ese lugar, representando un hito en la comprensión del clima marciano, la velocidad del viento osciló entre 11 y 58 Km/h (velocidad promedio habitual fue de 36 Km/h) estas velocidades parecen altas, pero la atmósfera de Marte es muy delgada, menos del 1% de la Tierra, por lo que no ejerció mucha fuerza sobre la nave, la temperatura más alta medida durante la misión fue de -19.6 °C, mientras que la más fría fue de -97.7 °C.





Los resultados químicos mostraron que la superficie del suelo resultó ser moderadamente alcalina, con un pH de 7,7 ±0,5, el nivel general de salinidad es modesto, el análisis TEGA de su primera muestra de suelo indicó la presencia de H_2O y dióxido de Carbono que se liberaron durante el ciclo de calentamiento final a una temperatura de 1000 °C, los elementos detectados fueron cloruro, bicarbonato, Magnesio, Sodio, Potasio, Calcio y sulfato, el análisis también mostró que el Calcio en el suelo no había interactuado con el agua líquida de ninguna forma, si lo hubiera hecho habría formado un ambiente severamente árido, con una interacción mínima o nula de agua líquida, el pH y el nivel de salinidad fueron vistos como buenos desde el punto de vista biológico.

La NASA publicó resultados preliminares que indicaban que el suelo de Marte contiene perclorato, por lo que no sería compatible con la vida como se pensaba anteriormente, la presencia de casi 0,5% de percloratos en el suelo fue un hallazgo inesperado con amplias implicaciones.

Una investigación de laboratorio publicada en 2017 demostró que cuando se irradia con un flujo UV marciano simulado, los percloratos se vuelven bactericidas; otros compuestos de la superficie, los óxidos de Hierro y el peróxido de Hidrógeno actúan en sinergia con los percloratos irradiados para causar un aumento de 10,8 veces en la muerte celular en comparación con las células expuestas a la radiación UV después de 60 seg de exposición, también se descubrió que los silicatos desgastados (cuarzo y basalto) conducen a la formación de especies tóxicas de Oxígeno reactivo, los resultados dejan la cuestión de la presencia de compuestos orgánicos abiertos, ya que el calentamiento de las muestras que contienen perclorato habría descompuesto los compuestos orgánicos presentes.

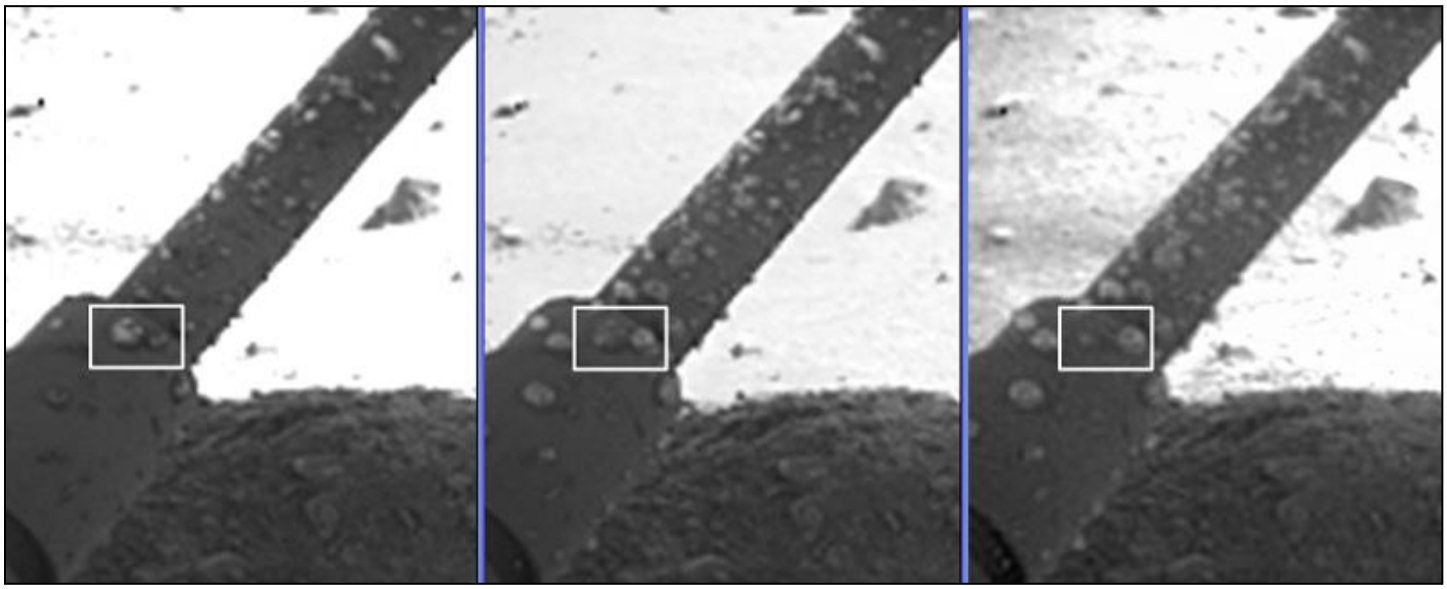
El perclorato es un oxidante fuerte, por lo que tiene el potencial de ser utilizado como combustible para cohetes y como fuente de Oxígeno para futuras misiones, además, cuando se mezcla con H_2O, el perclorato puede reducir en gran medida el punto de congelación del H_2O (de manera similar a cómo se aplica la sal a las carreteras para derretir el hielo) el perclorato puede estar permitiendo que se formen pequeñas cantidades de H_2O líquida en la superficie de Marte actualmente, los barrancos, que son comunes en ciertas áreas de Marte, pueden haberse formado a partir del perclorato que derrite el hielo y hace que el H_2O erosione el suelo en laderas empinadas.

También se detectó percloratos en el lugar de amartizaje del Rover Curiosity, en la zona ecuatorial marciana, y en el meteorito EETA79001, proveniente de Marte, sugiriendo una distribución global de estas sales, es probable que se conserven compuestos orgánicos altamente refractarios y/o bien protegidos en el subsuelo congelado.

El agrietamiento poligonal en la zona de aterrizaje se había observado previamente desde la órbita, y es similar a los patrones observados en las áreas de permafrost en las regiones polares y de gran altitud de la Tierra, la cámara del brazo robótico tomó una imagen debajo del lander que muestra manchas de una superficie lisa y brillante al descubierto cuando el propulsor de la nave voló la superficie suelta en ese lugar, más tarde se demostró que era hielo de H_2O, la NASA anunció que grupos de material brillante en trincheras excavadas por el brazo robótico se habían vaporizado en el transcurso de cuatro días, lo que implicaba que estaban compuestos de hielo de H_2O que se sublimó después de la exposición (si bien el hielo seco también se sublima, en las condiciones presentes lo haría a un ritmo mucho más rápido de lo observado), se confirmó la presencia de hielo de H_2O en Marte, según lo previsto en 2002 por el orbitador Mars Odyssey.

Durante el ciclo de calentamiento inicial de una muestra, el espectrómetro de masas TEGA detectó vapor de H_2O cuando la temperatura de la muestra alcanzó 0 °C, el H_2O líquida no puede existir en la superficie de Marte con su baja presión atmosférica, excepto en las zonas más bajas durante períodos cortos.

Con Mars Phoenix en buen estado de funcionamiento, (seguiría operativa hasta el 30-09-2008), el equipo científico trabajó para determinar si el hielo de H_2O se descongelaba lo suficiente como para estar disponible para los procesos de la vida y si había productos químicos que contenían Carbono y otras materias primas para la vida, además, surgió un debate dentro de la NASA sobre la presencia de gotas que aparecieron en las fotos de las patas del lander, que se han descrito de diversas maneras como gotas de H_2O o grupos de escarcha, se cree que los propulsores del lander perforaron una zona que contenía salmuera debajo de la superficie marciana cerca de una de las patas durante el amartizaje, las sales habrían absorbido el vapor de H_2O del aire, lo que habría explicado cómo parecían crecer en tamaño durante los primeros 44 soles antes de evaporarse lentamente a medida que bajaba la temperatura marciana.

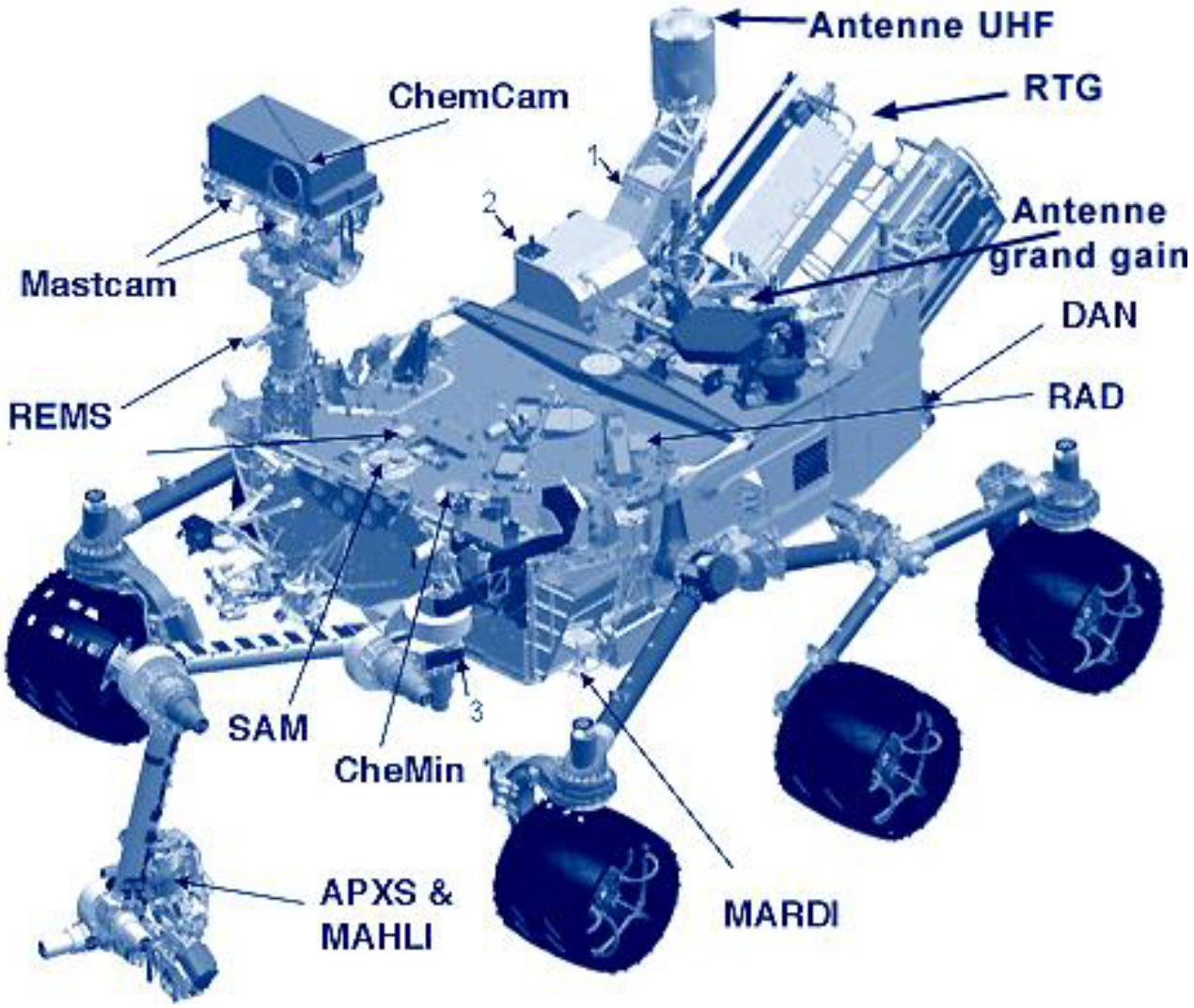


Mars Science Laboratory (Curiosity)

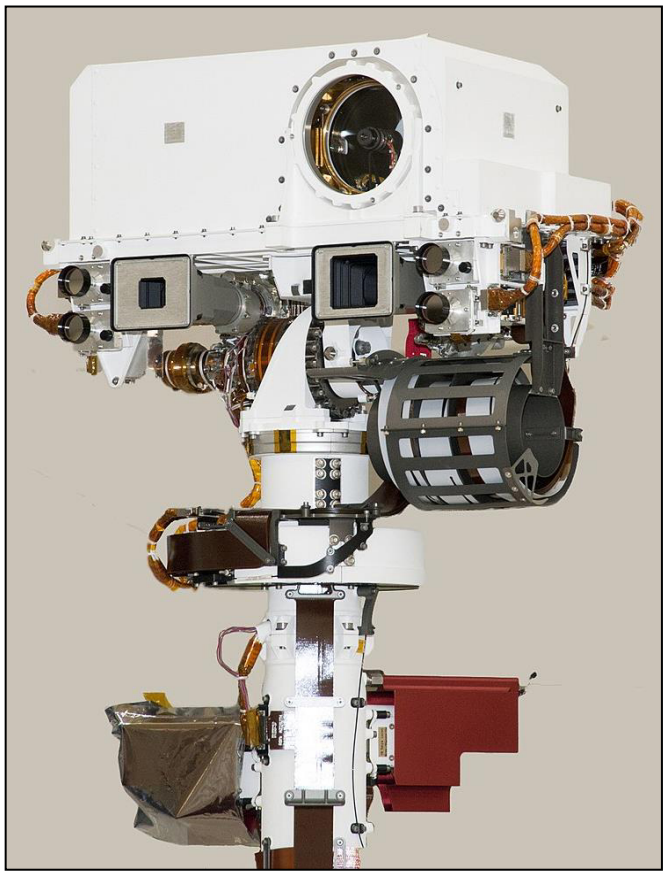
Vehículo robótico de 6 ruedas cuyas dimensiones eran 2,9 m de largo; 2,7 m de ancho; 2,2 m de alto; con un peso de 899 Kg y 80 Kg de carga útil de instrumentos científicos avanzados; fue lanzado desde Cabo Cañaveral el 26-11-2011, amartizando en Aeolis Palus dentro del Cráter Gale, el 6-08-2012.

Los análisis de muestras comenzaron con cámaras de alta resolución para buscar características de interés, uno de los instrumentos podía vaporizar una pequeña porción de ella con un láser IR y examinar la firma espectral resultante para consultar la composición elemental de la roca, el rover usaría su brazo robótico conteniendo un microscopio y un espectrómetro de rayos X.

Si la muestra ameritaba un análisis adicional, podía perforar la roca y llevar una muestra de polvo al Análizador de Muestras en Marte (SAM) o a los laboratorios CheMin dentro del rover; las cámaras MastCam, Mars Hand Lens Imager (MAHLI) y Mars Descent Imager (MARDI) compartían componentes de diseño comunes, como el procesamiento de imágenes digitales integradas, CCD de 1600×1200 y un filtro de patrón RGB Bayer, en total, Curiosity llevó 17 cámaras: HazCams (8), NavCams (4), MastCams (2), MAHLI (1), MARDI (1) y ChemCam (1).



El rover también llevaba un espectroscopio de ruptura inducida por láser (LIBS) y un telescopio Remote Micro Imager (RMI), el propósito del instrumento LIBS era proporcionar composiciones elementales de roca y suelo, mientras que el RMI proporcionaba a los científicos de ChemCam imágenes de alta resolución de las áreas de muestreo de las rocas y el suelo que LIBS apunta, LIBS apuntaba a una muestra de roca o suelo a una distancia de hasta 7 m, vaporizando una pequeña cantidad con 50 a 75 pulsos de 5 nanosegundos de un láser IR de 1067 nm y luego observaba el espectro de la luz emitida por la roca vaporizada, posee la capacidad de registrar hasta 6144 longitudes de onda diferentes de luz UV , visible e IR, la primer prueba láser inicial de la ChemCam se realizó en la roca N-165 (cerca del lugar de amartizaje) el 19-08-2012; utilizando la misma óptica, el RMI proporcionó imágenes de contexto de los puntos de análisis del LIBS, el RMI resolvía objetos de 1 mm a 10 m de distancia y tenía un campo de visión que cubría 20 cm.



El conjunto de instrumentos SAM analizó sustancias orgánicas y gases de muestras atmosféricas y sólidas, los tres instrumentos principales eran un espectrómetro de masas cuadrupolo (QMS), un cromatógrafo de gases (GC) y un espectrómetro láser sintonizable (TLS) estos instrumentos realizaron mediciones de precisión de proporciones de isótopos de Oxígeno y Carbono en dióxido de Carbono y metano en la atmósfera de Marte para distinguir entre su origen geoquímico o biológico.

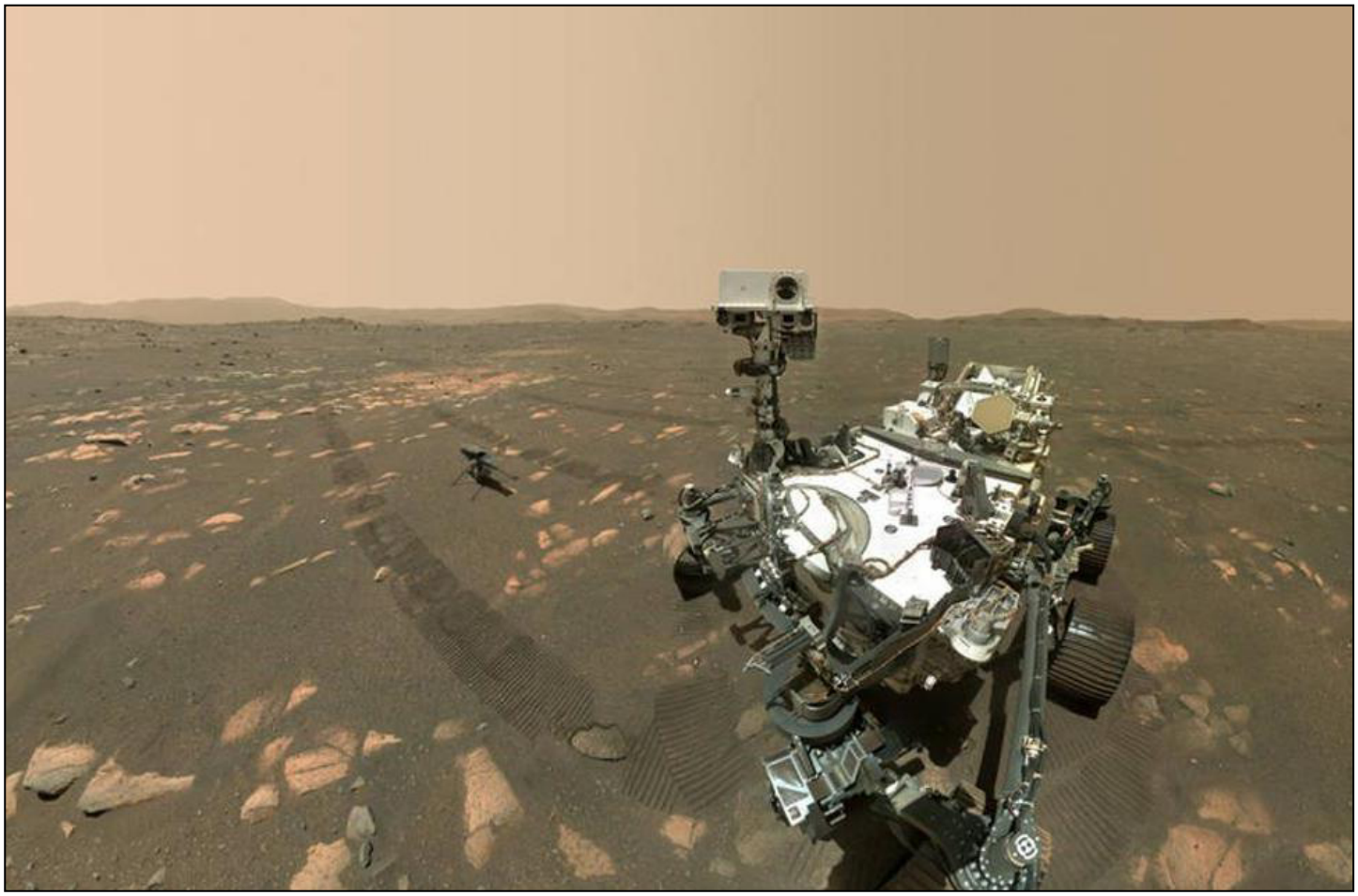
El instrumento REMS tenía instrumentos para medir el entorno de Marte: humedad, presión, temperaturas, velocidades del viento y radiación UV, un paquete meteorológico que incluye un sensor UV, todos los sensores estaban ubicados alrededor de tres elementos: dos brazos conectados al mástil del rover, el conjunto del sensor UV, ubicado en la cubierta superior del rover y la unidad de control de instrumentos (ICU) dentro del cuerpo del rover; REMS proporcionaba nuevas pistas sobre los sistemas meteorológicos a microescala, el ciclo hidrológico local, el potencial destructivo de la radiación UV y la habitabilidad del subsuelo basada en la interacción tierra-atmósfera.

CheMin es un instrumento de química y mineralogía, fluorescencia y difracción de rayos X, es uno de los cuatro espectrómetros, identificar y cuantificar la abundancia de minerales en Marte, perforar muestras de rocas y el polvo fino que luego vertía en el instrumento a través de un tubo de entrada de muestras en la parte superior del vehículo, luego, dirigía un haz de rayos-X al polvo y la estructura cristalina de los minerales lo desviaba en ángulos característicos, permitiendo a los científicos identificar los minerales que se analizaban, el 17-10-2012, se realizó el primer análisis de difracción de rayos-X del suelo marciano, los resultados revelaron la presencia de varios minerales, incluidos feldespato, piroxenos y olivino, y sugirieron que el suelo marciano de la muestra era similar a los suelos basálticos erosionados de los volcanes de Hawaii.

Mars 2020 (Perceverance)

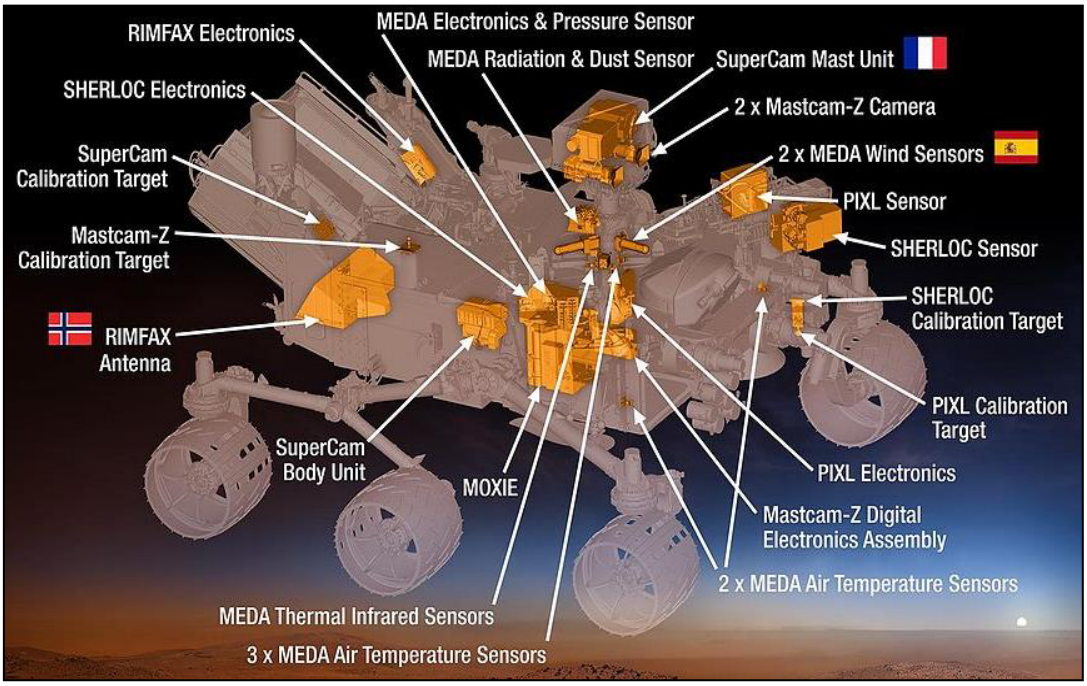
A pesar del éxito del amartizaje del rover Curiosity en 2012, a principios de la década de 2010 el Programa de Exploración de Marte de la NASA se encontraba en un estado de incertidumbre, recortes presupuestarios obligaron a la NASA a retirarse de una colaboración planificada con la ESA que incluía una misión rover; en 2012, un programa que había estado enviando misiones a Marte cada dos años, se encontró sin misiones aprobadas después de 2013.

En 2011, el Planetary Science Decadal Survey, un informe de las Academia Nacional de Ciencias, Ingeniería y Medicina que contiene un conjunto influyente de recomendaciones hechas por la comunidad científica planetaria, declaró que la principal prioridad del programa de exploración planetaria de la NASA entre 2013 y 2022 debería ser el comienzo de una campaña de retorno de muestras de Marte, un proyecto de tres misiones para recolectar, lanzar y retornar de manera segura muestras de la superficie marciana a la Tierra, el informe indicó que la NASA debería invertir en un rover de almacenamiento de muestras como primer paso en este esfuerzo, en respuesta a las recomendaciones del informe, la NASA anunció su intención de lanzar una nueva misión de un rover a Marte para 2020 en la conferencia de la Unión Geofísica Americana en diciembre de 2012, aunque inicialmente dudó con la capacidad de almacenamiento de muestras (y misiones de seguimiento posteriores) un equipo de definición científica convocado para el proyecto Mars 2020 publicó un informe en 2013 que la misión debería seleccionar y almacenar muestras en envases retornables.



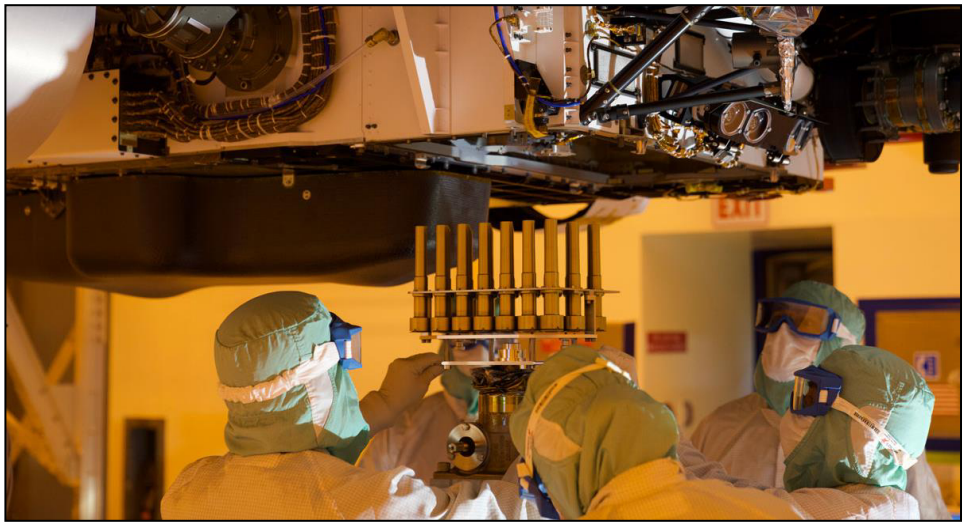
Fue lanzado desde Cabo Cañaveral el 30-07-2020 a bordo de un cohete Atlas-V y amartizó el 18-02-2021 en el Cráter Jezero, la nave tiene un diseño similar al de su predecesor Curiosity (2,9 m de largo; 2,7 m de ancho y 2,2 m de alto), del que se actualizó moderadamente (peso 1025 Kg), llevó 7 instrumentos principales de carga útil, 19 cámaras, 2 micrófonos, y un pequeño helicóptero (Ingenuity), aeronave experimental que realizó el primer vuelo propulsado en otro planeta el 19-04-2021.

Los objetivos del rover Perceverance son identificar ambientes pasados que fueron capaces de sustentar la vida microbiana; signos de posible vida microbiana pasada en tipos de rocas específicos que se sabe que conservan los signos a lo largo del tiempo; recolectar muestras de roca/regolito y almacenarlas en la superficie, y probar la producción de Oxígeno de la atmósfera marciana.



Los instrumentos científicos llevados en el rover son el Mars Oxygen ISRU Experiment (MOXIE), investigación de tecnología de exploración para producir una pequeña cantidad de Oxígeno de dióxido de Carbono atmosférico marciano, el 20-04-2021 se produjeron 5,37 grs de Oxígeno en una hora, y se planearon nueve extracciones más en el transcurso de dos años terrestres para investigar más el instrumento, esta tecnología podría ampliarse en el futuro para sustentar la vida humana o para fabricar combustible para cohetes; espectrómetro de fluorescencia de rayos X para determinar la composición elemental a escala fina de los materiales de la superficie marciana (PIXL); el instrumento RIMFAX es un radar que penetra la superficie para obtener imágenes de diferentes densidades, capas estructurales, rocas enterradas, meteoritos y detectar hielo de agua subterránea y salmuera a una profundidad de 10 m; Mars Environmental Dynamics Analyzer (MEDA) es un conjunto de sensores que miden la temperatura, velocidad y dirección del viento, presión, humedad relativa, radiación, tamaño y forma de las partículas de polvo; el conjunto SuperCam puede proporcionar imágenes, análisis de composición química y mineralogía en rocas y regolitos a distancia (versión mejorada de ChemCam de Curiosity pero con 2 láser y 4 espectrómetros que le permitirán identificar de forma remota las firmas biológicas y evaluar la habitabilidad pasada; sistema de imágenes estereoscópicas (Mastcam-Z) con la capacidad de hacer zoom, espectrómetro UV Raman y láser UV que utilizan imágenes de escala fina para determinar mineralogía y detectar compuestos orgánicos (SHERLOC).

En apoyo de la misión de retorno de muestras de Marte, el rover Perseverance almacena muestras de suelo en 43 tubos de muestra, antes del lanzamiento, 5 de los 43 tubos fueron designados como tubos testigos y se llenaran con materiales que capturarán partículas del entorno ambiental de Marte

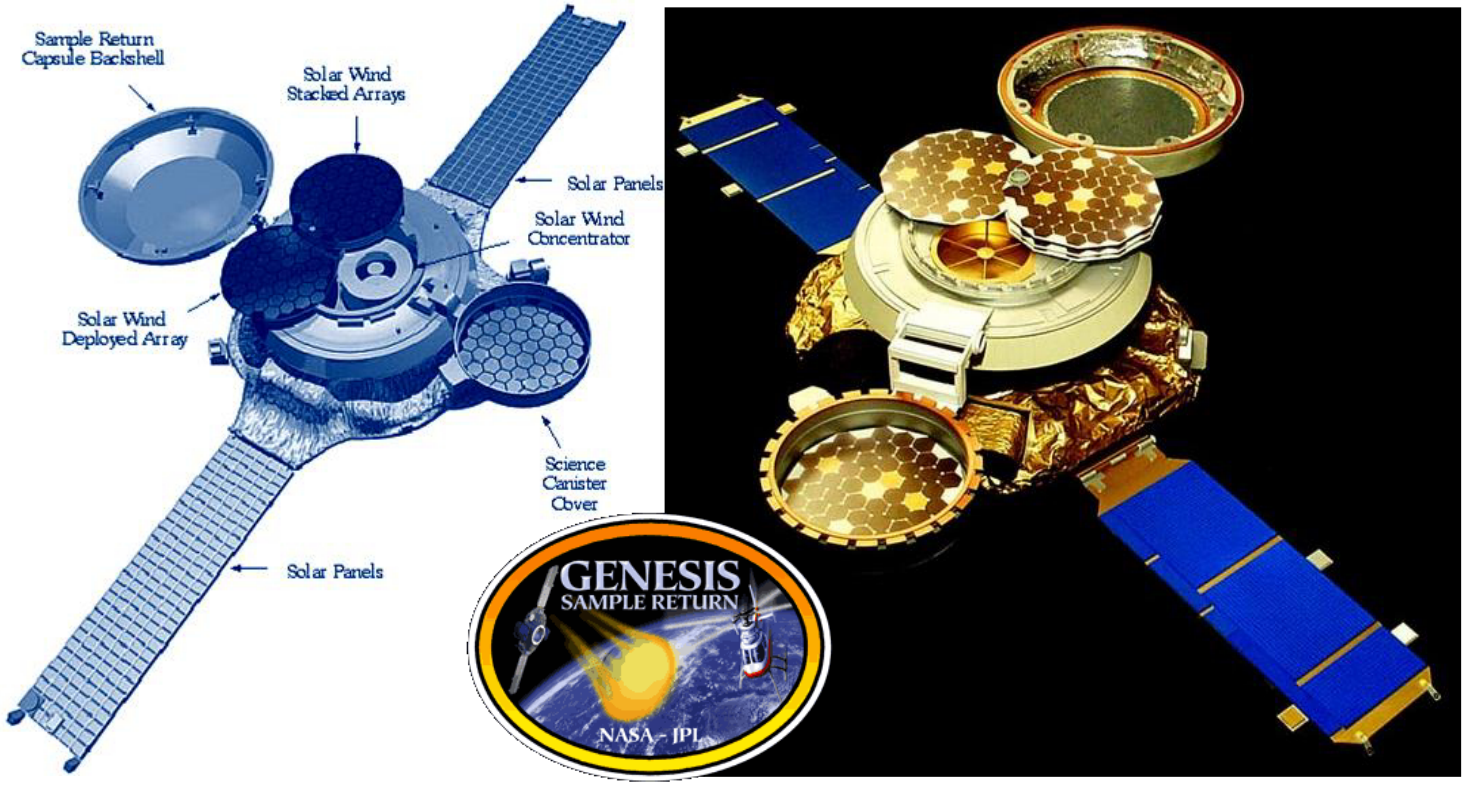


Misiones de retorno de muestras extraterrestres

Partículas de viento solar

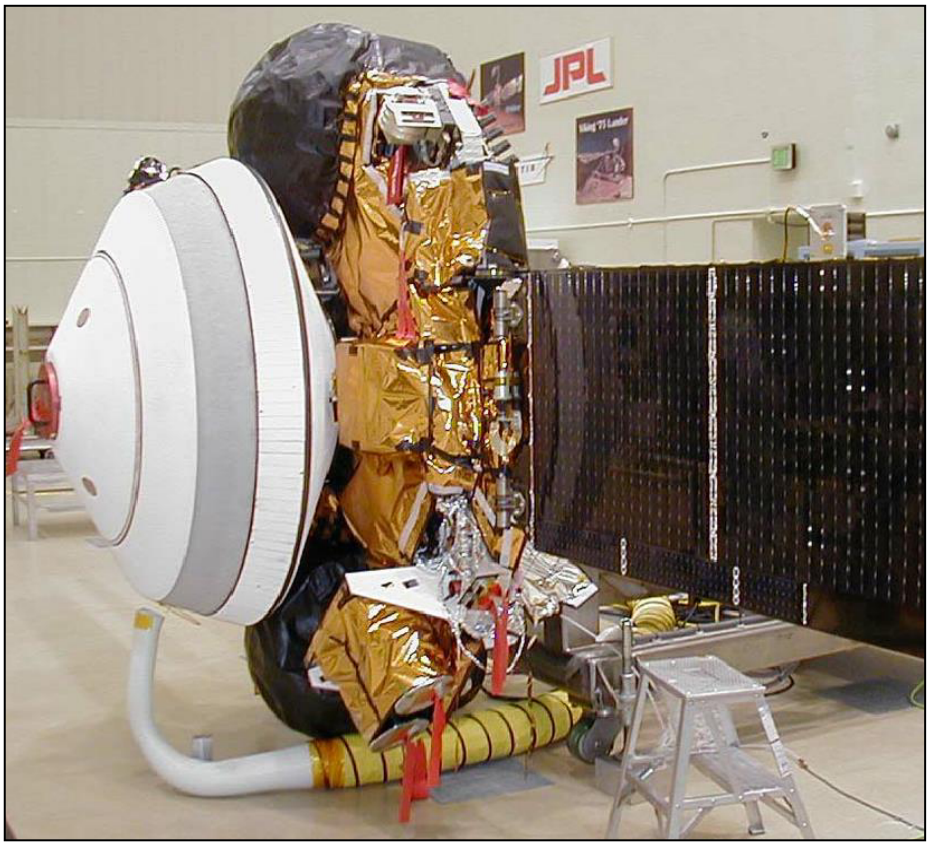
Misión Génesis

Lanzada a bordo de un cohete Delta-7326 el 08-08-2001 desde Cabo Cañaveral, Genesis fue una misión del programa Discovery de la NASA en una órbita de halo alrededor del punto Lagrange-1 (L-1) fuera de la magnetosfera terrestre a 1,5 millones de Km de la Tierra en dirección al Sol; su objetivo fue el de monitorear el viento solar y recolectar partículas de éste mediante la implantación de iones en los materiales del colector por un período de dos años, y retornar estas muestras para análisis isotópicos y químicos en laboratorios terrestres, -se cree que la parte exterior del Sol refleja la composición general de la nebulosa solar original, una forma de medir la composición de la parte exterior del sol es analizar el viento solar-.



Sus objetivos científicos eran los de obtener medidas precisas de abundancias isotópicas solares, medición de composiciones isotópicas de Oxígeno, Nitrógeno y gases nobles, permitiendo a los científicos comprender mejor las variaciones isotópicas en meteoritos, cometas, muestras lunares y atmósferas planetarias; obtener medidas de abundancia de elementales solares muy mejoradas; proporcionar un depósito de materia solar para la investigación científica del siglo XXI, eliminando la necesidad de futuras misiones de retorno de muestras de viento solar.

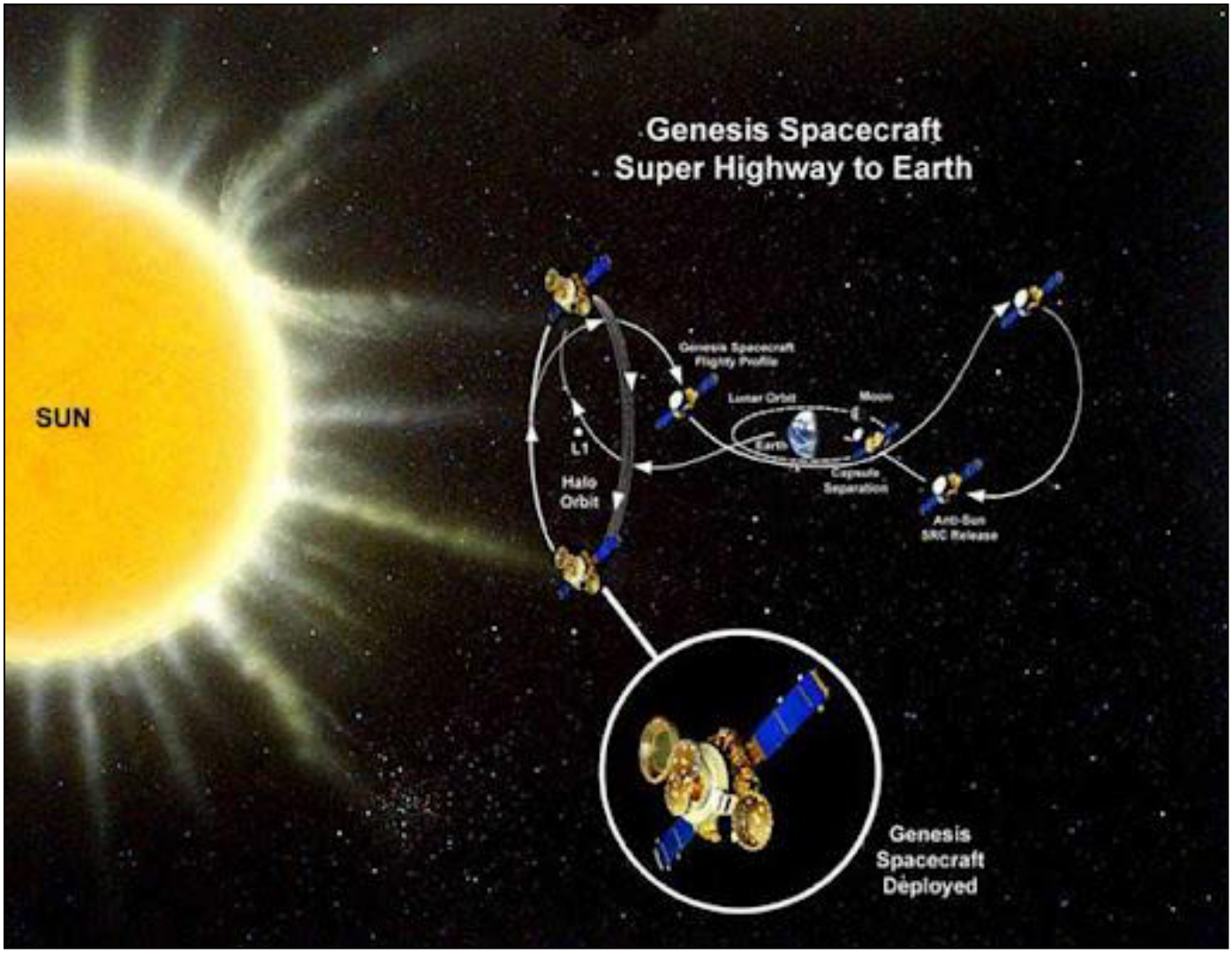
La nave estaba orientada al Sol y estabilizada por giro con dos paneles solares fijos, la velocidad de giro era de una revolución en 37,5 seg., contenía tres componentes principales, la plataforma, Cápsula de Retorno de Muestras (SRC) y carga útil; la estructura de la plataforma empleaba una armadura de tubos compuestos de grafito-policianato con terminales de Titanio, su longitud era de 7,9 m, la potencia de 202 W era proporcionada por dos paneles solares no articulados de 1 m^2; dos baterías le proporcionaban energía durante las maniobras de corrección de trayectoria; para la fase de crucero desde la Tierra hasta la órbita del halo en L-1, llevó propulsores de hidracina con 78 Kg de propulsante, su peso al lanzamiento (incluido el propulsante) era de 636 Kg.


JPL

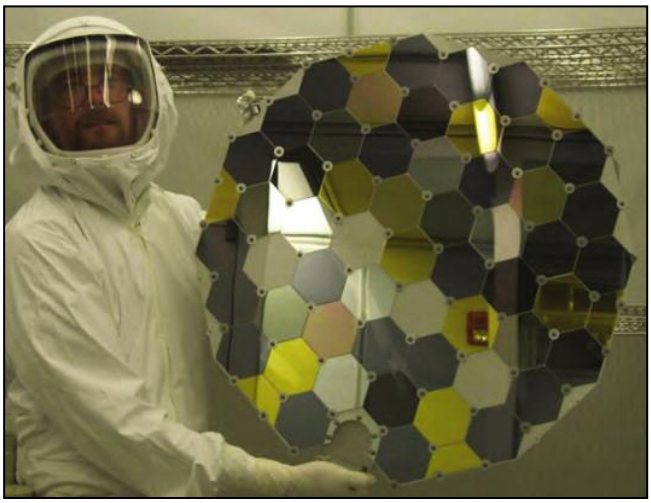
El Subsistema de Control de Actitud (ACS) proporcionaba información sobre la velocidad y actitud de giro y el control del propulsor de bucle abierto, los sensores de actitud y los algoritmos de estimación se utilizaron para proporcionar conocimiento que luego era utilizado por algoritmos de control de propulsores para cambiar la velocidad de giro, precesar el vector de momento angular de la nave espacial, proporcionar correcciones de trayectoria a través de la implementación Delta-V y para operaciones de contingencia, llevaba tres tipos de sensores de actitud, sensor solar digital de 2 ejes, sensor solar giratorio y rastreador de estrellas, cada rastreador de estrellas tenía un campo de visión de 33,5º x 23,5º y las imágenes se capturaban en un CCD.

La nave tardó unos 3 meses en llegar a la inserción de la órbita del halo, después de lo cual hizo 4 órbitas alrededor del punto L-1 durante un período de 2 años; luego, salió de la órbita del halo en una trayectoria que la llevaba a través del punto L-2 en el lado anti-Sol de la Tierra.

A bordo llevaba una grabadora con una capacidad de almacenamiento de 1 Gb, el enlace ascendente/descendente estaba en Banda S a 15 Kb/s (120 b/s durante la fase de crucero), la baja velocidad de datos de los monitores de viento solar a <1 Kb/s permitió contactos poco frecuentes (semanales) a través de la red Deep Space Network, el subsistema de comunicaciones tenía dos transpondedores, cuatro Antenas de Baja Ganancia (LGA) ubicadas en los paneles solares y una Antena de Ganancia Media (MGA).



Matrices colectoras



Eran un conjunto de cuatro paneles (compuestos por colectores hexagonales individuales), cada uno capaz de desplegarse por separado para muestrear diferentes tipos de viento solar; cada recolector tenía la forma de una bandeja plana con un diámetro de 73 cm (área de recolección de 3500 cm^2). En la órbita del halo L-1, después de que se abría la tapa del recipiente, la pila de cuatro matrices se giraba alejándose del recipiente, exponiendo el concentrador dentro del recipiente.

Los dos más altos de los cuatro conjuntos de colectores, junto con el conjunto y la tapa del recipiente, siempre estaban expuestos al flujo del viento solar, los dos colectores inferiores de la pila estaban expuestos uno a la vez, dependiendo de cuál de los regímenes de viento solar estaba siendo detectado por los monitores de viento solar.

El mecanismo de retracción del colector era inercial, y constaba de un conjunto de motores que accionaban actuadores cilíndricos concéntricos que hacían girar las matrices individualmente alrededor de un eje común, cada una de las cuatro matrices colectoras estaba compuesta por 55 obleas colectoras hexagonales, fabricadas en diferentes materiales y de ultra alta pureza, la mayoría de las obleas estaban hechas de Silicio, eran de forma hexagonal de 5 mm de grosor y 10 cm (punto a punto), otros materiales de las obleas eran láminas de Aluminio y Oro, la temperatura de todas las matrices colectoras se mantenían en -73 °C.

Concentrador de viento solar

Era un conjunto constaba de un espejo electrostático que mejoraba la densidad de iones C, N y O del viento solar para proporcionar mejores relaciones de señal para estos elementos, lográndose una concentración de iones por un factor de menos de 20, enfocándolos en un objetivo de 6 cm de diámetro, los iones del viento solar ingresaban desde la parte superior a través de una serie de tres redes de alta transmisión, la rejilla más alta se mantenía al potencial del suelo para que los potenciales dentro del concentrador no se extiendan fuera de él ni afecten las trayectorias de las partículas antes de su entrada, la siguiente red estaba polarizada a un alto voltaje positivo variable (este voltaje se establecía de manera que la mayor parte de los protones del viento solar se rechazaran mientras se transmitían esencialmente todos los iones más pesados) la tercera rejilla estaba montada en una estructura metálica que encapsulaba completamente la región interna del concentrador y se mantenía a un alto voltaje negativo constante de -8 kV, el objetivo era un disco de 6 cm montado en una araña estructural. Los iones pesados entraban a través de la rejilla conectada a tierra, pasaban a través de la rejilla de supresión de protones y se aceleraban hacia la región interior en -8 kV en la rejilla del acelerador, luego se reflejaban entre la rejilla del espejo y el electrodo sólido, y se incrustaban profundamente en el objetivo.

Monitores de viento solar

Los monitores (sensores y espectrómetros de iones) determinaron el tipo de viento solar prevalente que se estaba midiendo, como viento solar rápido de agujeros coronales, viento solar lento entre corrientes y eyecciones de masa coronal (CME), para documentar las propiedades del viento solar, y determinar su velocidad, información necesaria para controlar el despliegue de colectores y voltajes en el concentrador de viento solar, estos monitores midieron propiedades tales como: la relación H/He, velocidad del viento en masa, temperaturas de iones y electrones, y la distribución angular de electrones super-térmicos, los datos se introducían en un algoritmo informático de a bordo que determinaba en tiempo real la aparición de un cambio de viento solar.

La configuración general de los instrumentos se diseñó para lograr un entorno ultralimpio dentro del recipiente mediante la exclusión de prácticamente todas las fuentes de desgasificación, mientras que los colectores de viento solar residían dentro del recipiente, los mecanismos y la electrónica se montaban en el exterior del recipiente.

La reentrada atmosférica terrestre tuvo lugar el 8-09-2004 sobre el rango de prueba y entrenamiento de la USAF, en Utah, donde la cápsula de retorno fue rastreada por el sistema de seguimiento de objetos múltiples de gran altitud (HAMOTS), dos helicópteros fueron dirigidos a la ubicación de la nave espacial para atrapar la cápsula descendente en un paracaídas para evitar un aterrizaje forzoso; lamentablemente, el paracaídas de la cápsula no se abrió debido a una falla técnica. Sin embargo, el daño no fue tan severo como se esperaba inicialmente.

El 4-10-2004, la Instalación de Conservación de Astromateriales del Centro Espacial Johnson recibió los fragmentos supervivientes de la cápsula de retorno Genesis, los científicos examinaron de cerca cuatro colectores de la nave Genesis, vitales para el principal objetivo científico de la misión, y los encontraron en excelente forma, a pesar del duro aterrizaje de la nave espacial, la sonda no se destruyó por completo y gran parte del contenido quedó protegido en caso de impacto, ya que el barro blando y la arena del desierto disminuyeron el impacto, el concentrador solar de la sonda ayudó a proteger las muestras, además, las matrices de colectores permitieron que las partículas del viento solar se incrustaran profundamente en el material, manteniéndolas alejadas de cualquier material terrestre que pudiera haber contaminado las muestras cuando la sonda se estrelló.

La mayor parte de la carga de la nave consistía en los colectores de viento solar, que habían estado expuestos a las partículas solares durante un período de dos años, casi todos estos recolectores fueron destruidos durante el accidente, pero la cápsula también contenía un instrumento especial construido para mejorar el flujo del viento solar hacia un pequeño objetivo para hacer posibles mediciones de Oxígeno y Nitrógeno, el concentrador de viento solar que sobrevivieron al impacto y finalmente revelaron los secretos solares.

Los datos analizados revelaron diferencias entre el sol y los planetas en Oxígeno y Nitrógeno, que son dos de los elementos más abundantes en el Sistema Solar, aunque la diferencia es leve, las implicaciones podrían ayudar a determinar cómo fue su evolución

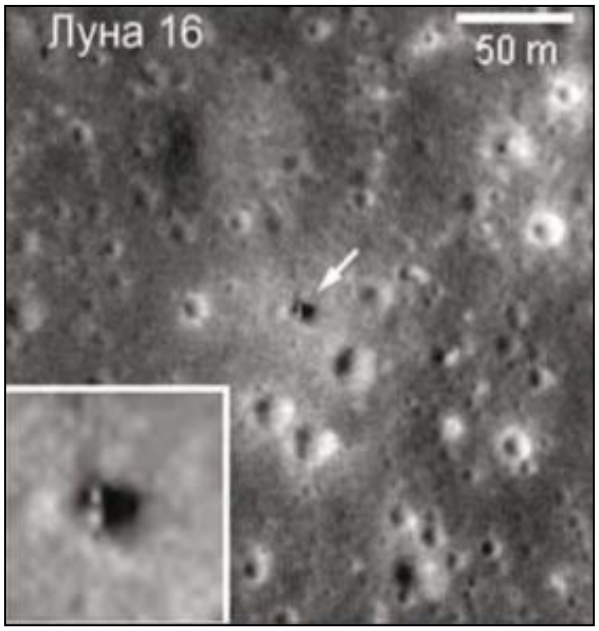
Los resultados proporcionaron nuevas pistas sobre cómo se formó el sistema solar, las muestras de Oxígeno y Nitrógeno recolectadas de varios meteoritos, así como el nitrógeno muestreado en el suelo lunar y en la atmósfera de Júpiter por la sonda Galileo, varían significativamente de las de la Tierra según los estándares cosmoquímicos: 38 % para Nitrógeno y hasta 7 % para Oxígeno.

Misiones Luna

Luna-16

La sonda Luna-16 fue lanzada el 12-09-1970 desde el Sitio de Lanzamiento 81-23 del Cosmódromo de Baykonur a bordo de un cohete Proton K/D, luego de una corrección a medio curso el 13-09, entró el 17-09-1970 en una trayectoria circular situándose a 111 Km de altura y con una inclinación de 70° respecto al plano de la órbita lunar.

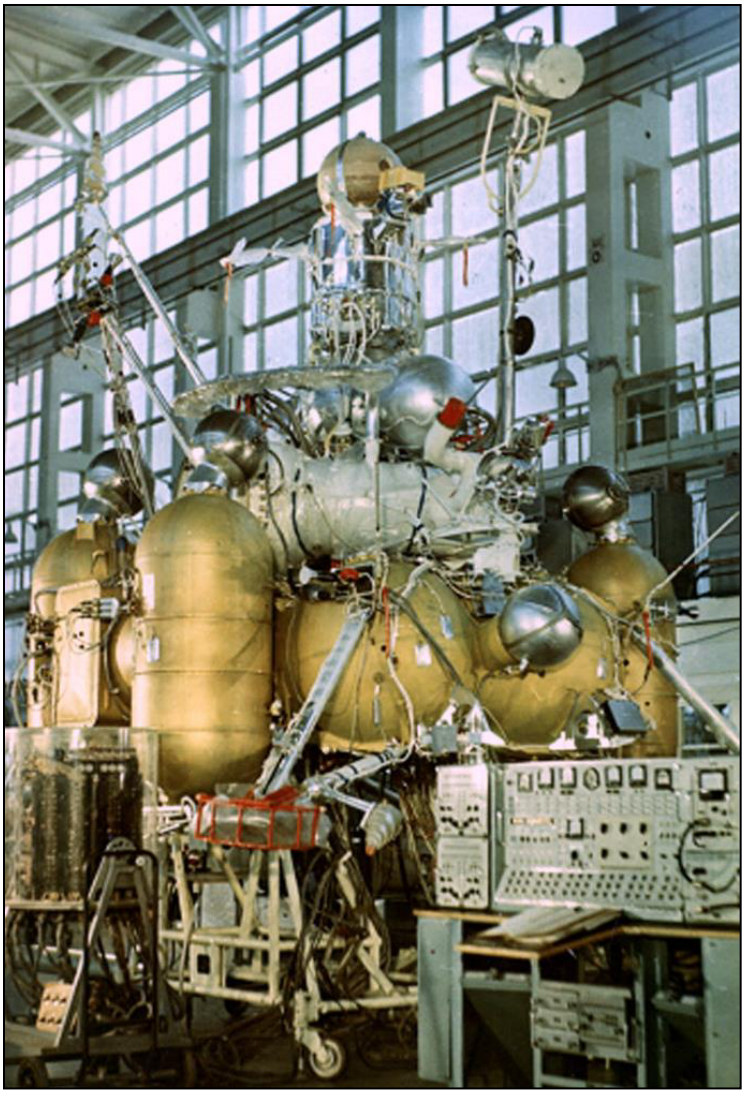
La nave constaba de dos etapas adjuntas, una etapa de ascenso montada en la parte superior que estaba equipada con una cámara de TV, monitores de radiación y temperatura, equipo de telecomunicaciones y un brazo extensible con una plataforma de perforación para la recolección de una muestra de suelo lunar, y una etapa de descenso, un cuerpo cilíndrico con cuatro patas, con una parte superior redondeada que llevaba un recipiente de muestra de suelo cilíndrico sellado herméticamente dentro de una cápsula de reentrada, tanques de combustible, radar de alunizaje y un complejo de motores de descenso dual; fue utilizado un motor de descenso principal para reducir la velocidad de la nave hasta que alcanzó un punto de corte, que fue determinado por la computadora de a bordo en función de la altitud y la velocidad, después del corte, se utilizaron cohetes de menor empuje para el alunizaje final, la etapa de descenso actuaba como plataforma de lanzamiento para la etapa de ascenso.

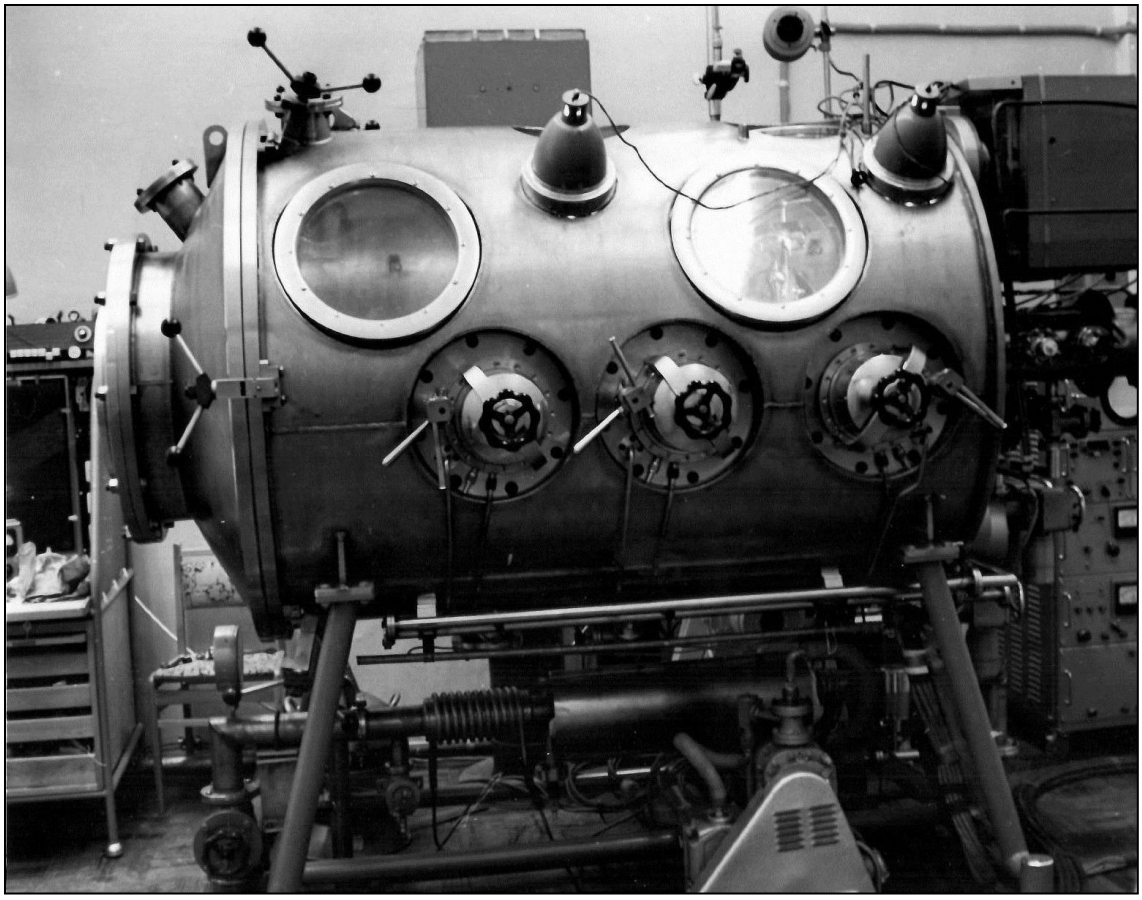


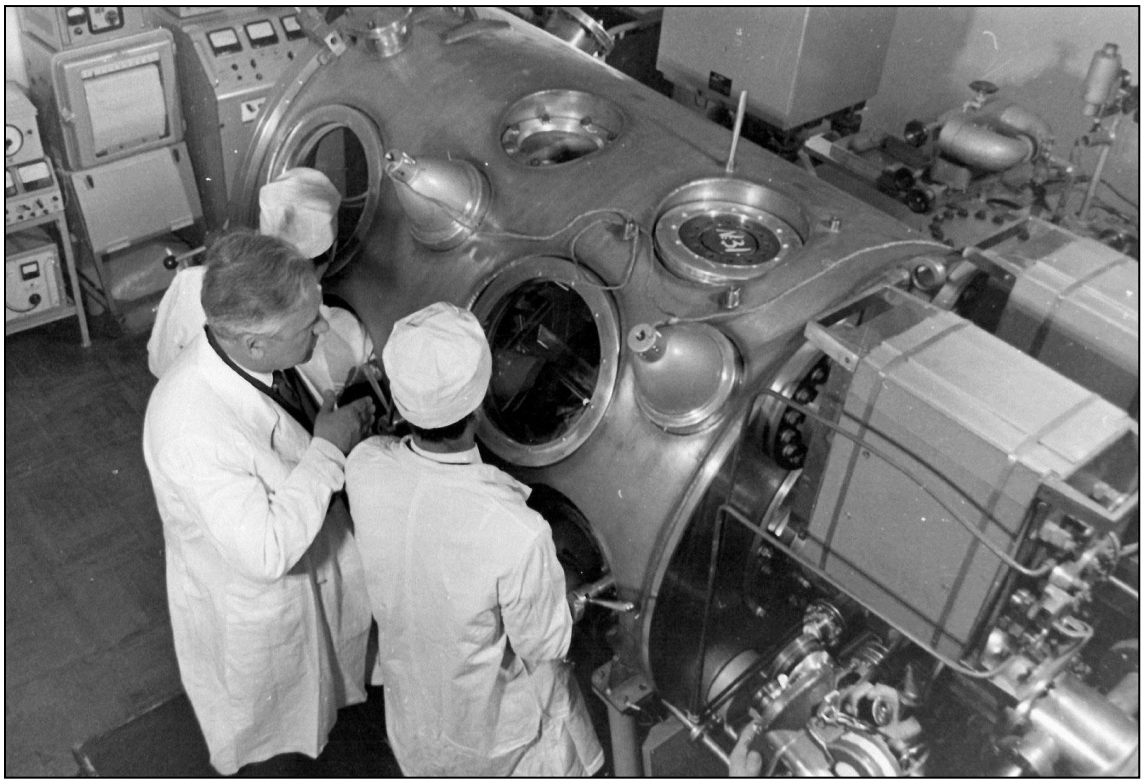
Después de dos ajustes orbitales que se realizaron el 18 y 19-09, el ápside se redujo a 1 Km, así como se alteró la inclinación de la nave en preparación para el alunizaje; el 20-09, el motor principal de sustentación fue apagado a una altura de 20 m, y los cohetes de alunizaje fueron apagados a 2 m de altura con una velocidad inferior a 2.4 m/s, produciéndose a continuación una caída libre vertical, alunizando en la zona N-O de Mare Fecunditatis.

Menos de una hora después del alunizaje, un taladro automático penetró la superficie lunar para recoger una muestra de suelo, luego de la perforación durante 7 min, el taladro se detuvo al alcanzar los 35 cm de profundidad retiró la muestra y la levantó en un arco a la parte superior de la nave, depositando el material lunar en una pequeña cápsula esférica montada en la parte superior de la nave.

Finalmente, después de 26:25 hrs en la superficie lunar, la etapa superior de la nave despegó de la Luna, el 24-09, luego de una travesía directa sin correcciones, la cápsula, con sus 101 grs de suelo lunar, volvió a entrar en la atmósfera terrestre aterrizando el 24-09-1970 mediante un paracaídas, a unos 80 Km al S-E de Jezkazgan, Kazajistán; el material de basalto oscuro de la muestra fue colocado en una cámara especial adaptada para trabajar bajo una atmósfera de Helio para su análisis e indicó una estrecha semejanza con el suelo recuperado por la misión Apollo-12.



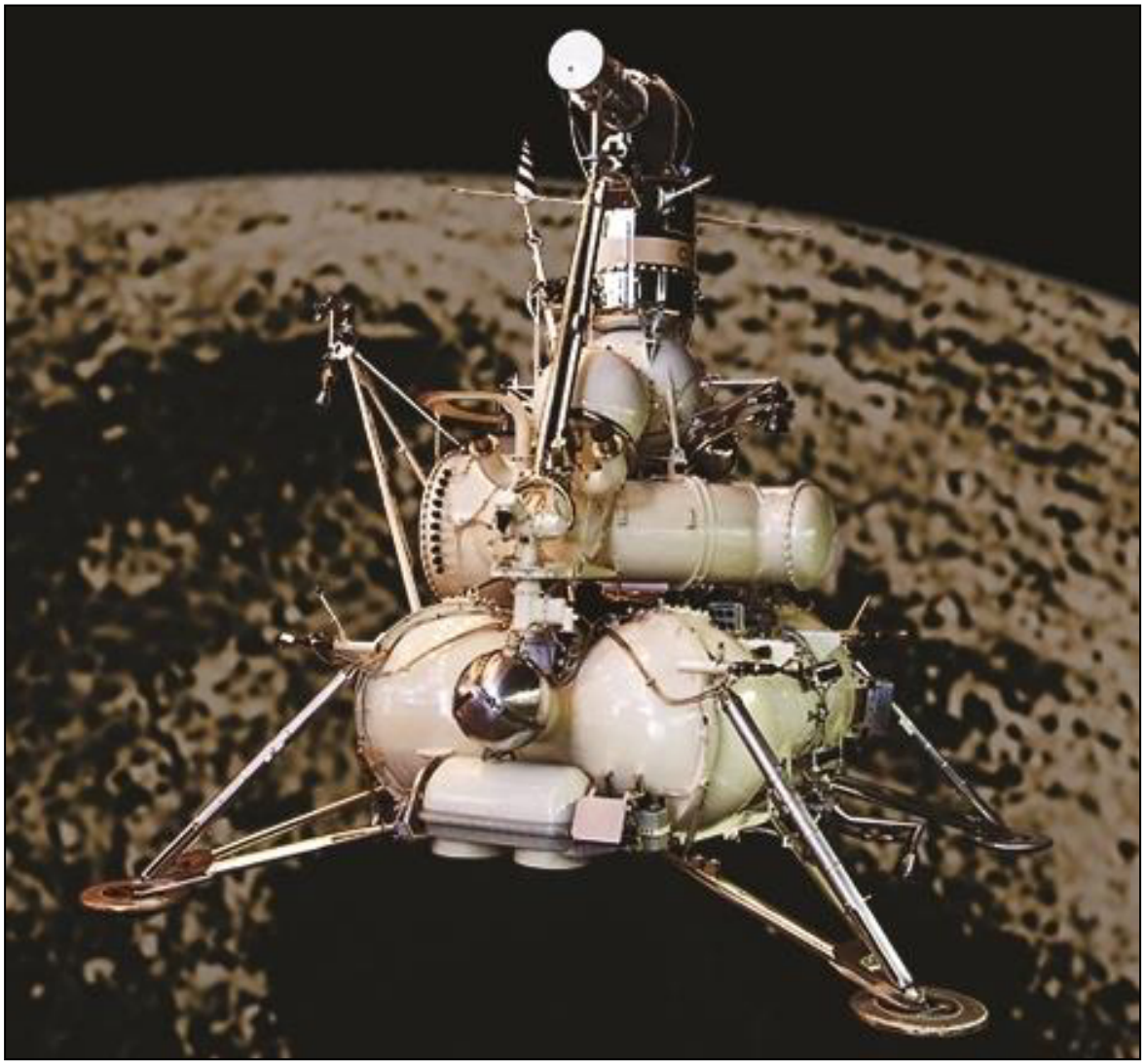


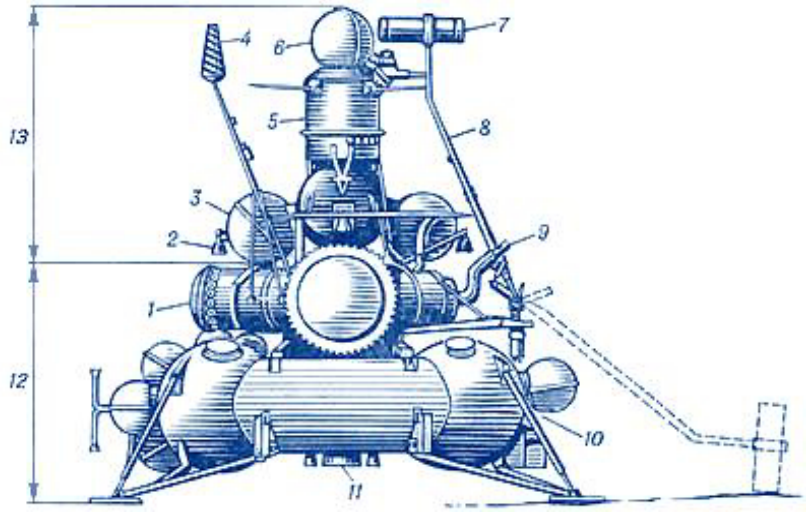


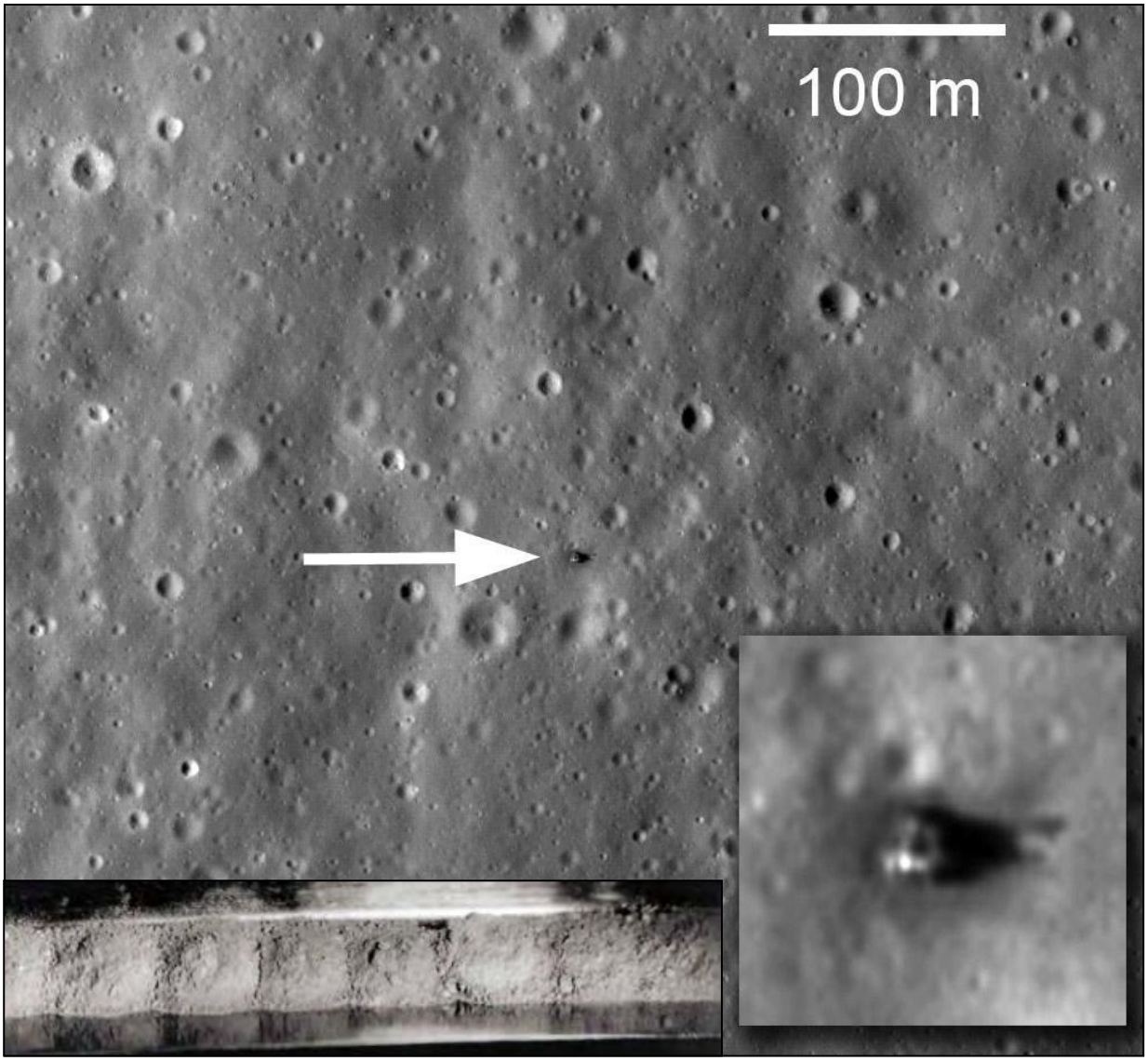
Luna-20

Con un peso de 5,6 tn fue lanzada el 14-02-1972 desde el Cosmódromo de Baykonur a bordo de un cohete Proton K, se colocó en una órbita intermedia de estacionamiento de la Tierra y desde esta órbita fue enviada hacia la Luna, después de un vuelo de 4,5 días a la Luna, que incluyó una única corrección a mitad de curso el 15-02, entró en órbita lunar el 18-02; el 21-02, la nave encendió su motor principal durante 267 seg para comenzar a descender a la superficie lunar, un segundo encendido redujo aún más la velocidad antes de alunizar de manera segura el 21-02-1972 en una zona montañosa conocida como Terra Apollonius, cerca de Mare Fecunditatis, las muestras lunares (55 grs) se obtuvieron mediante un equipo de perforación extensible, la etapa de ascenso era lanzada desde la superficie lunar el 22-02; y la pequeña cápsula esférica con las muestras aterrizó por medio de paracaídas el 25-02-1972 en una isla en el río Karkingir, a 40 Km al N de Jezkazgan, Kazajstán.

La muestra de suelo difería de la recolectada por Luna 16 en que la mayoría (50 a 60%) de las partículas de roca en la muestra eran anortosita de las tierras altas lunares antiguas (principalmente feldespato), las muestras fueron compartidas con científicos de estados Unidos y Francia, y se envió a Gran Bretaña una muestra de 0,4983 grs de material tomado a una profundidad entre 27 y 32 cm.




13
12
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11


100 m

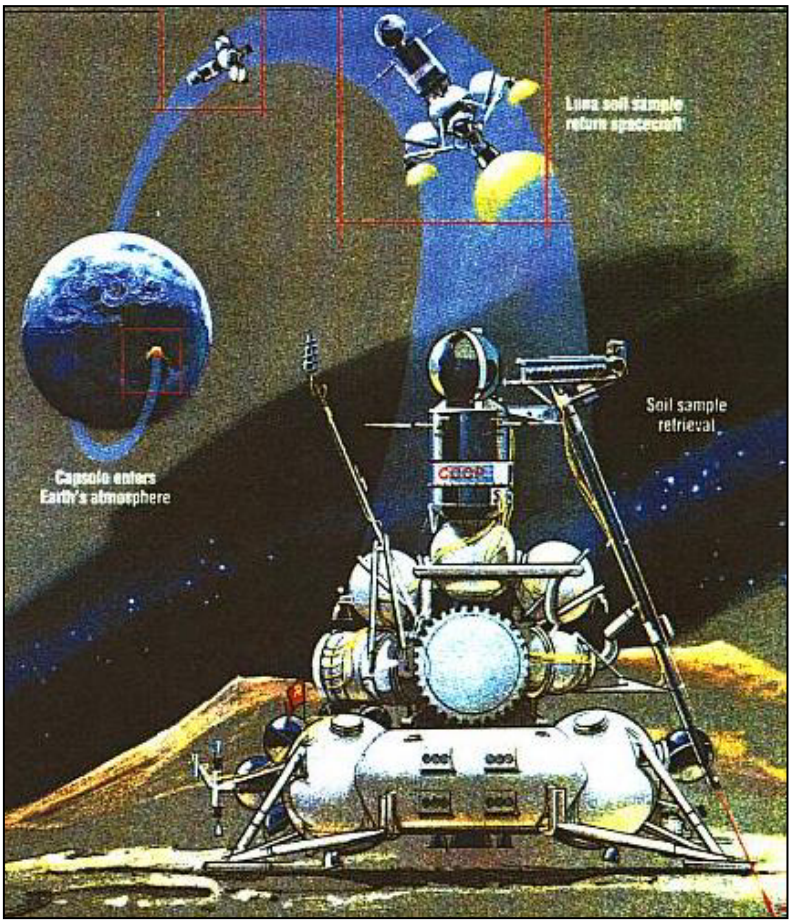
Luna-24

Al igual que las misiones Luna anteriores, constaba de dos etapas adjuntas, una etapa de ascenso montada en la parte superior, la nave medía 3,96 m de altura y tenía un peso de alunizaje sin combustible de 1880 Kg (con una carga completa de combustible, su peso de lanzamiento estaba entre 5600 y 5750 Kg).

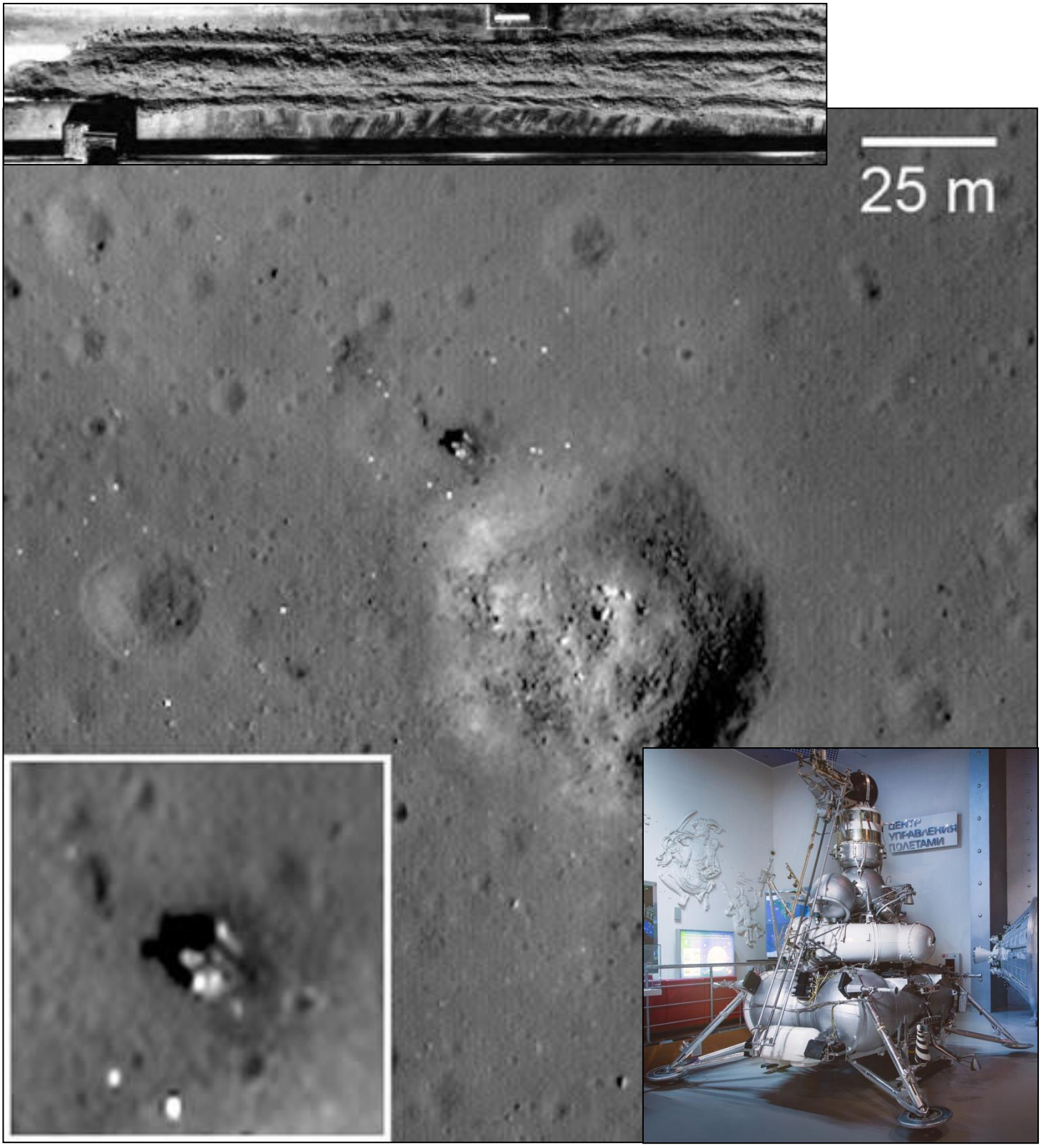
El cohete de descenso principal KTDU-417, era un motor de 1920 Kg de empuje regulable de que se usaba para correcciones a mitad de camino, inserción de órbita, frenado para el descenso a la superficie y desacelerar la nave hasta que alcanzara un punto de corte determinado por la computadora de a bordo, basada en altitud y velocidad, luego de una corrección de trayectoria el 11-08-1976 la nave entró en órbita lunar, los parámetros orbitales iniciales fueron 115 x 115 Km a una inclinación de 120°, con nuevos cambios en su órbita se utilizó un cohete de menor empuje para el alunizaje el 18-08-1976, la etapa de descenso estaba equipada con una cámara de TV, monitores de radiación y temperatura, equipo de telecomunicaciones, y un brazo extensible de 90 cm con una plataforma de perforación para la recolección de la muestra de suelo lunar.

La etapa de ascenso llevaba un recipiente cilíndrico sellado herméticamente dentro de una cápsula de reentrada esférica de 50 cm de diámetro y 39 Kg de peso que estaba montada en un cohete KRD-61 de 1920 Kg de empuje, el peso total de la etapa de ascenso era de 520 Kg, de los cuales 245 Kg fueron el ácido nítrico y el propulsor, el cohete KRD-61 solo se encendió una vez durante 53 seg para ponerlo en una trayectoria de retorno libre a la Tierra

Bajo el mando del control de tierra, el módulo de alunizaje desplegó su brazo de muestras y empujó su cabezal de perforación unos 2 m hacia la superficie, la muestra fue guardada de manera segura en la cápsula de retorno, y después de estar casi un día en la Luna, despegó con éxito el 19-08-1976, la cápsula entró en la atmósfera terrestre aterrizando por medio de paracaídas el 22-08-1976, a unos 200 Km al S-E de Surgut.



El estudio de los 170,1 grs de superficie indicó una estructura de tipo laminado, como depositada en depósitos sucesivos; la Unión Soviética cambió 1 grs de la muestra de la misión por una muestra lunar de NASA en diciembre de 1976, en febrero de 1978, científicos soviéticos del Instituto Vernadsky de Geoquímica y Química Analítica publicaron un artículo que afirmaba que la detección de agua era bastante definitiva, su estudio mostró que las muestras devueltas a la Tierra por la sonda contenían aproximadamente 0,1% de agua en masa, como se ve en la espectroscopia de absorción IR (a aprox. 3 µm de longitud de onda).

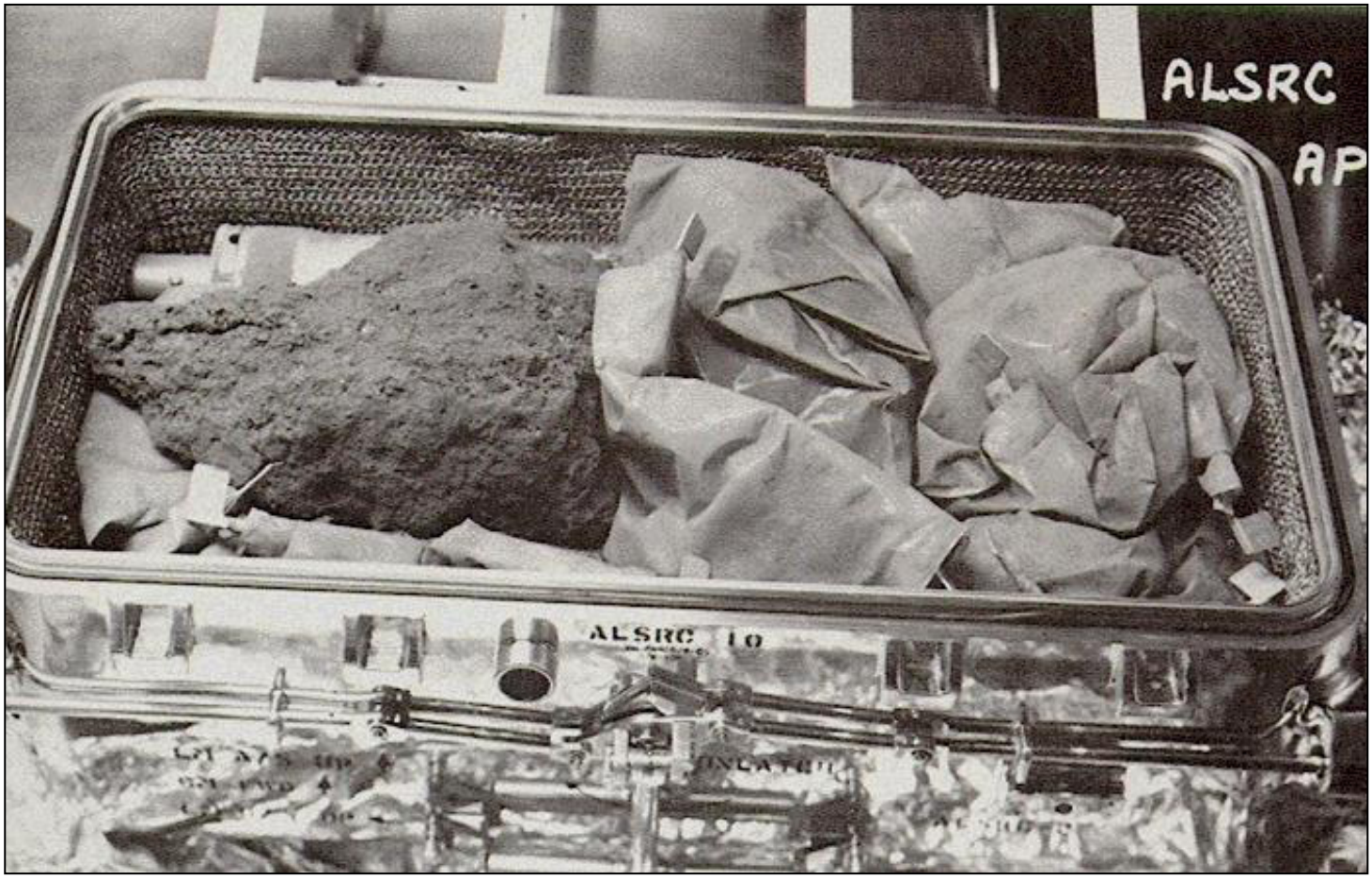

25 m

Misiones Apollo

En 1962, la Junta de la Academia Nacional de Ciencias hizo una revisión del tema de la contaminación posterior al traer muestras en vuelos espaciales, recomendando a la NASA que hiciera todo lo posible para minimizar el riesgo de contaminación pidiendo el uso de cuarentena y otros procedimientos con respecto a los astronautas, nave espacial y muestras.

Las primeras discusiones en profundidad sobre la protección planetaria tuvieron lugar en 1964 en Washington, DC, en una Conferencia de la Academia Nacional de Ciencias; aunque los científicos consideraban improbable encontrar vida en el suelo lunar, concluyeron que los procedimientos de cuarentena eran necesarios sin importar cuán pequeña fuera la posibilidad de vida y desarrollaron recomendaciones que se convirtieron en las guías de política para el control de astronautas, muestras y vehículos de regreso desde la Luna.

Entre el 11-10-1968 y el 7-12-1972, 11 misiones Apollo llevaron a los astronautas más allá de la atmósfera terrestre, de las cuales 6 misiones fueron completadas con un alunizaje y EVAs en la superficie, regresando a la Tierra 380 Kg de material lunar, 18 astronautas y varios elementos de equipo, incluidos 6 Módulos de Comando que estuvieron expuestos a dicho material.



La primera de las misiones de alunizaje exitoso (Apolo-11) fue lanzada el 16-07-1969, a su regreso, después de una secuencia de reentrada automática, en el Módulo de Comando al alcanzar unos 3000 m de altitud sobre el Océano Pacífico se activó el sistema de ventilación (abriendo el contenido del Módulo de Comando a la atmósfera terrestre y proporcionando la primera contaminación potencial de la biósfera por intervención humana, de materia extraterrestre) aunque las lista de verificación en vuelo ordenaba a los astronautas que limpiaran el interior del Módulo de Comando operando sistemas de vacío que filtrarían el aire a través de tanques de hidróxido de Litio es poco probable que todo el polvo lunar se haya podido eliminar de la atmósfera de la cápsula, y parte de ella podría haber escapado hacia el exterior.

El Módulo de Comando amerizó cerca del buque de recuperación USS Hornet, luego, se abrió la escotilla (marcando una segunda ruptura del estricto aislamiento) los astronautas se colocaron las prendas de aislamiento biológico, fueron recuperados por un helicóptero y trasladados al barco, quedándose allí, junto con el material lunar en la instalación de cuarentena móvil, rumbo al Laboratorio de Recepción Lunar ubicado en el Centro de Vuelos Tripulados de Houston, permaneciendo aislados durante 21 días mientras fueron evaluados médicamente y el material lunar fuera examinado detrás de doble barreras biológicas.

La agencia encargada de dirigir el aislamiento del materiales extraterrestres fue el Comité Interagencial sobre Contaminación Posterior (ICBC), que se había establecido en 1966 por la NASA en cooperación con el Servicio de Salud Pública, el Departamento de Agricultura e Interior y la Academia Nacional de Ciencias.

El comité enfrentó problemas con respecto a la tecnología y la administración, compartiendo con la oficina de la misión Apollo una situación de extrema tensión con el tiempo impuesto para la cuarentena de los astronautas que irían a la Luna durante la década de 1960, de todos los problemas que enfrentaba el ICBC, el tiempo se convirtió en el más crítico, como los compromisos de una cuarentena estricta para cumplir con los horarios del vuelo de la misión.

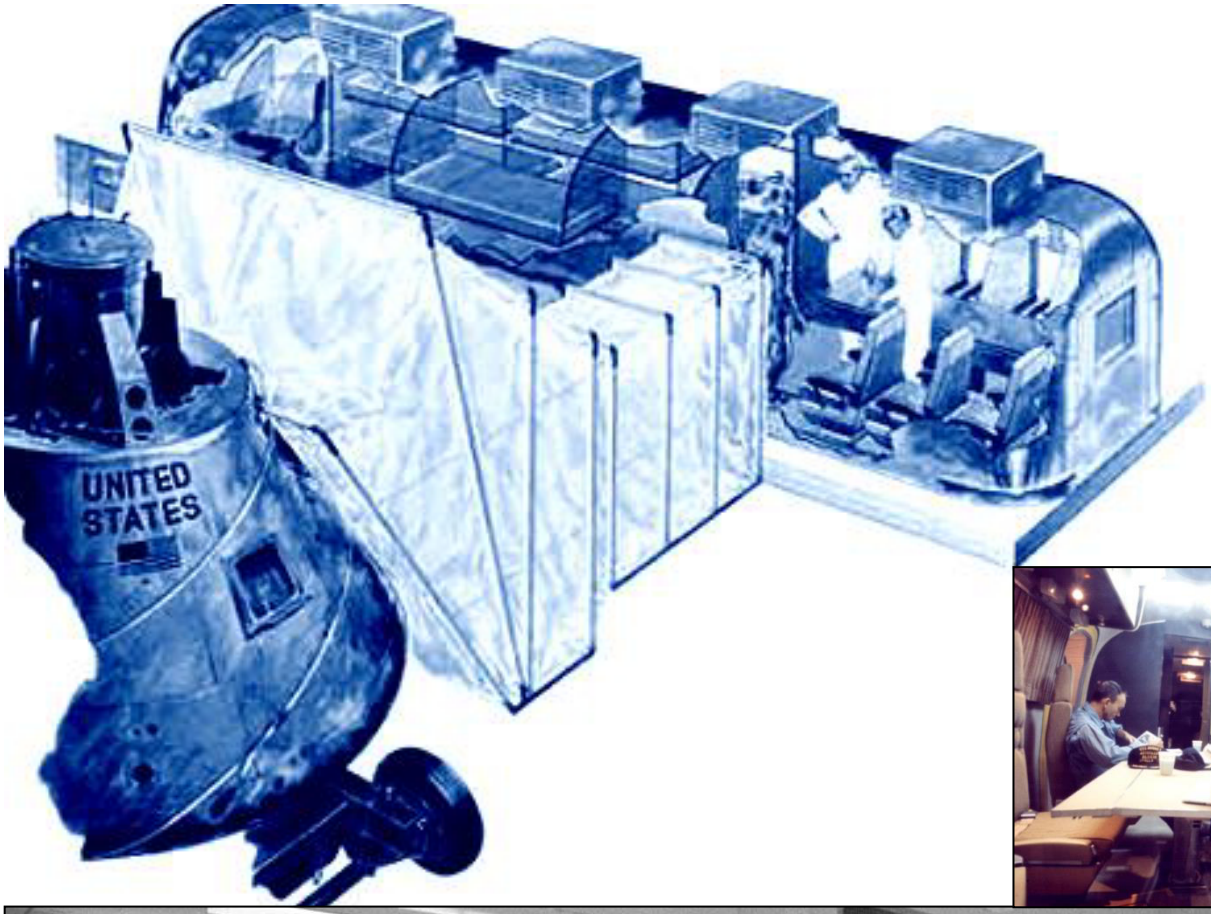
Los compromisos de cuarentena estricta estaban todos relacionados al tiempo o decisiones administrativas, y ninguna directamente a deficiencias en tecnología o a técnicas científicamente sólidas para el aislamiento estricto que estaban disponibles, una cuarentena absoluta hubiera requerido que los astronautas permanecieran dentro de la nave espacial al acuatizar, con todas las aberturas cerradas hasta después de haber sido levantado a la cubierta del buque de rescate, con un túnel impermeable asegurado entre la nave espacial y la instalación de cuarentena.

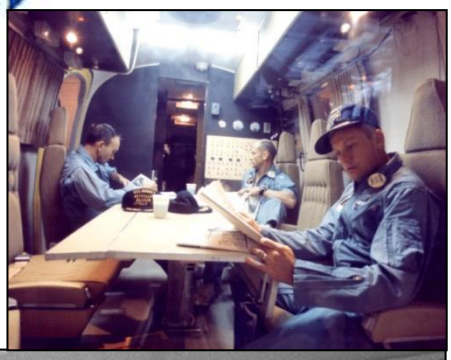
Aunque el ICBC originalmente había ordenado tan estricto procedimiento de aislamiento a seguir, por factores de tiempo y decisiones administrativas llevaron a que solo unos pocos días antes del lanzamiento del Apolo-11, se notificara al ICBC que el barco de recuperación no estaba equipado con un grúa capaz de levantar al Módulo de Comando a bordo con la tripulación en su interior y que las placas de cubierta no podrían apoyar tal grúa (si el Centro de Vuelos Espaciales Tripulados hubiera tomado en serio la protección planetaria, habría retrasado el lanzamiento para corregir la situación), los astronautas subieron a la cubierta vistiendo trajes de aislamiento biológico y luego entraron la instalación de cuarentena móvil, permaneciendo en aislamiento durante 21 días.

Instalación de Cuarentena Móvil (MQF)

Eran remolques Airstream especialmente modificados para alojar en cuarentena a los astronautas que retornaban de la Luna, se construyeron un total de 4, Apollo-11 (MQF-003); Apollo-12 (MQF-002); Apollo-13 (MQF-004) -no utilizado porque los astronautas no alunizaron-; Apollo-14 (MQF-001); estaba en el portaaviones que recogía a la cápsula y albergaban a los tres tripulantes, muestras lunares, algunos animales, así como también a médicos e ingenieros que dirigían el MQF y apagaban el Módulo de Comando, una vez que el portaaviones llegaba al puerto, el MQF era trasladado por camiones al Centro de Naves Espaciales Tripuladas de Houston y la tripulación cumplía el resto de los 21 días en una instalación más grande en el Laboratorio de Recepción Lunar (LRL).

Funcionaba manteniendo una presión más baja en el interior y filtrando el aire ventilado, su propósito era el de prevenir la propagación de cualquier microorganismo llegado desde la Luna, aunque se consideró improbable la existencia de tales microorganismos, requisito que se eliminó luego de la misión Apollo-14 una vez demostrado que la Luna era estéril y considerando que el aislamiento de los astronautas a su regreso era innecesario.


UNITED
STATES



El Laboratorio de Recepción Lunar (actualmente principal almacén de rocas lunares) está ubicado en el Houston Space Flight Center, fue diseñado y construido específicamente para la contención y examen de muestras, equipo y astronautas, el examen del material requirió de condiciones de alto vacío, los científicos trabajaron con las muestras a través de guantes dentro de incubadoras con presiones atmosféricas negativas,aunque el sistema de incubadora era de vanguardia y funcionó bien, algunas dificultades eran evidentes, al personal que trabajaba con dichos guantes se les permitía entrar y salir del edificio y existía poco control sobre sus actividades; en cualquier operación futura de similar naturaleza, se deberá considerar aislar a las personas que trabajan con las muestras detrás de una barrera secundaria durante un período de cuarentena; por motivos de seguridad, existe también una colección menor en Brooks AFB, San Antonio, Texas; la mayoría de las rocas se guardan en Nitrógeno para que estén libres de humedad o de otros agentes externos y solo se pueden manejar de forma remota.

Tratar con contaminación posterior complicaría enormemente el trabajo de muestreo, debido al entorno de la superficie lunar, la Luna no presentaba un peligro potencial, el vacío, las grandes variaciones en la temperatura de su superficie, la alta radiación UV, la ausencia de agua y el bombardeo constante de la superficie por meteoritos desalentarían a los microbios más resistentes, además, los científicos espaciales coincidieron en general en que las eyecciones secundarias de los impactos lunares llegan a la Tierra de forma más o menos continua y que no existen infecciones relacionadas con el contacto con meteoritos, de todos modos, no se podía garantizar que la superficie lunar y el subsuelo poco profundo fueran estériles, los requisitos de diseño del Laboratorio de Recepción Lunar adquirieron nuevas dimensiones.

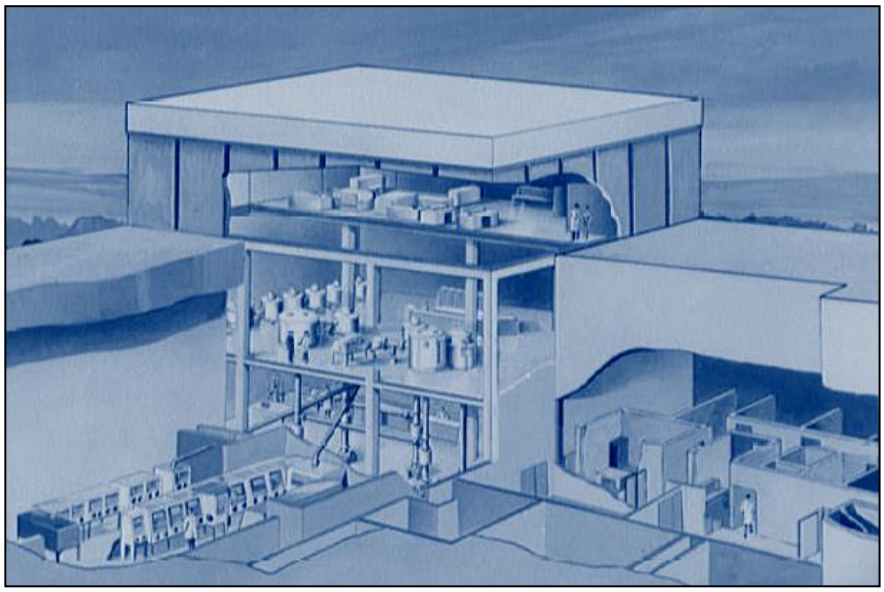
Se tenía que realizar el procedimiento detrás de barreras biológicas herméticas a los gases, por un lado una forma de proteger las muestras de la contaminación terrestre y una manera de proteger la biosfera terrestre de posibles organismos lunares; además de proporcionar pruebas de cuarentena para las muestras lunares, hubo que proporcionar alojamiento de cuarentena para la tripulación y la nave espacial, la NASA necesitó el asesoramiento de expertos y solicitó la creación del Comité Interagencial sobre Contaminación Posterior

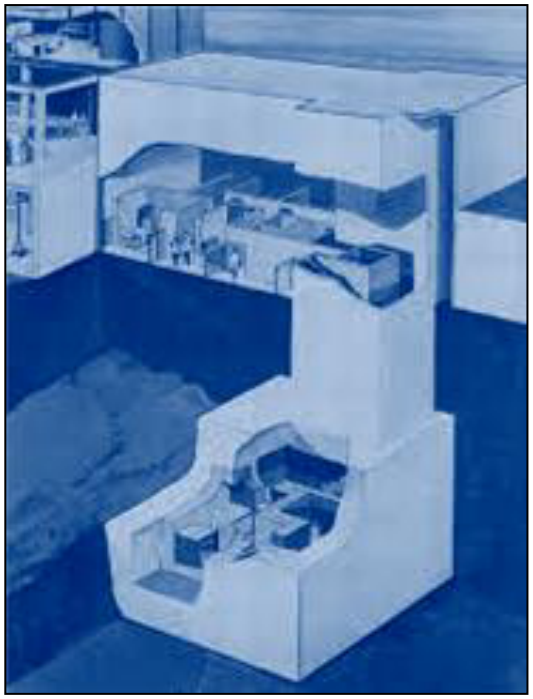
Durante el período de cuarentena, muchos sistemas de pruebas biológicas estarían expuestos a las muestras lunares para detectar cualquier reacción patógena, manteniendo una mínima cantidad de muestras utilizadas para las pruebas de cuarentena, la nave espacial fue enviada al LRL, sellada y aislada durante la cuarentena, la tripulación sería enviada a un hábitat especial en el área de recuperación, luego al LRL y aislada en el Área de Recepción de la Tripulación, donde podrían ser interrogados a través de una barrera biológica.

El área de recepción de la tripulación era un hotel vacío, diseñado para albergar a la tripulación de tres hombres, parte del personal de apoyo y cualquier científico o técnico expuesto a posibles patógenos lunares en caso de una ruptura accidental de la barrera biológica.

Se firmaron contratos para la fabricación del sistema de alto vacío en el que las muestras primero se abrirían y examinarían visualmente, de manera similar, se diseño y se fabricaron las incubadoras herméticas a los gases, necesarias para las pruebas de cuarentena y los exámenes minerales, petrológicos y geoquímicos preliminares.

Se identificaron dos laboratorios científicos especiales como parte del Laboratorio de Recepción Lunar, el Laboratorio de Conteo de Radiación, un laboratorio de espectrometría de rayos γ de última generación fabricado con materiales de baja radiación, se construyó a varios metros por debajo de las oficinas de la planta baja y albergaba los últimos detectores y dispositivos electrónicos de gran volumen, instalación que fue importante para medir la radiactividad natural de las muestras lunares, algunas de las cuales causadas por rayos cósmicos, debido a que las radiaciones de algunos nucleidos tienen vidas medias muy cortas, tenían que medirse durante el período de cuarentena o se perderían los datos; incluso con la actividad inducida por los rayos cósmicos, se esperaba que la radiactividad total en las muestras lunares fuera baja, de ahí la necesidad de mediciones de fondo bajas y muy sensibles.





Otro laboratorio especializado fue el Laboratorio de Análisis de Gases, las muestras retornarían en dos cajas de metal selladas al vacío, lo que permitía a los científicos analizar los gases emitidos por las muestras cuando se abriera la caja en la cámara de vacío principal, además, los gases que podrían liberarse durante el desembalaje o la división de muestras individuales podían controlarse mediante un sistema sensible de cromatógrafo de gases y espectrometría de masas, parte de estas primeras mediciones incluirían gases desprendidos de una muestra que sería recolectada especialmente y mantenida a vacío ultra alto.

El plan general de estudio de muestras requería la introducción de las cajas de rocas en el sistema de vacío principal, la apertura de las cajas de rocas y la inspección visual de las muestras en el sistema de vacío principal, se tomarían dos pequeñas virutas de cada muestra, una sería enviada por una tubería de metal al área de prueba físico-química donde sería sometido a un examen científico preliminar y una caracterización; la otra bajaría por una tubería similar al área de prueba de cuarentena para pruebas de patógenos, las muestras especialmente empaquetadas se retirarían del sistema de vacío, se sellarían con tres barreras biológicas y se transportarían al Laboratorio de Conteo de Radiación.

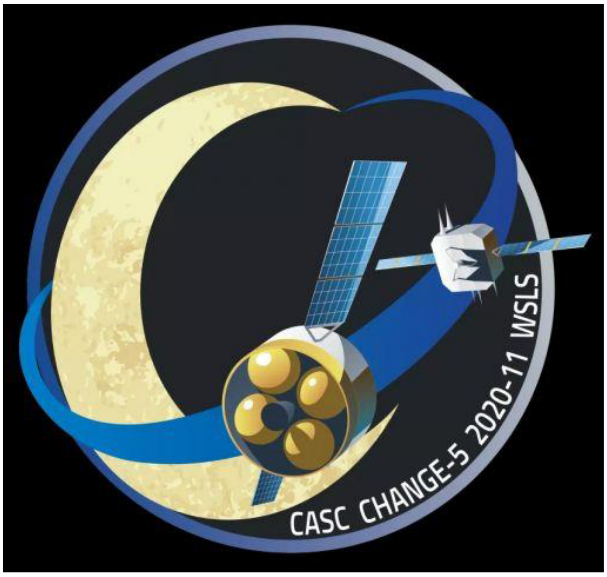
El protocolo de cuarentena para investigar las muestras lunares se diseñó bajo contrato por investigadores de la Universidad de Baylor y fue muy ambicioso, llamó a la exposición de material lunar a al menos una especies representativas de cada filo de plantas y animales terrestres,; desde aquellas épocas se han realizado grandes progresos en las ciencias biológicas, lo que podría reducir drásticamente el número de sistemas de prueba y mucho más rápidamente determinar el nivel de seguridad o grado de amenaza planteada por la liberación de las muestras.

Después de que un análisis extenso, se demostró que no había peligro y se levantó la cuarentena, pero eso no puso fin al debate sobre los posibles peligros biológicos de explorar otros mundos

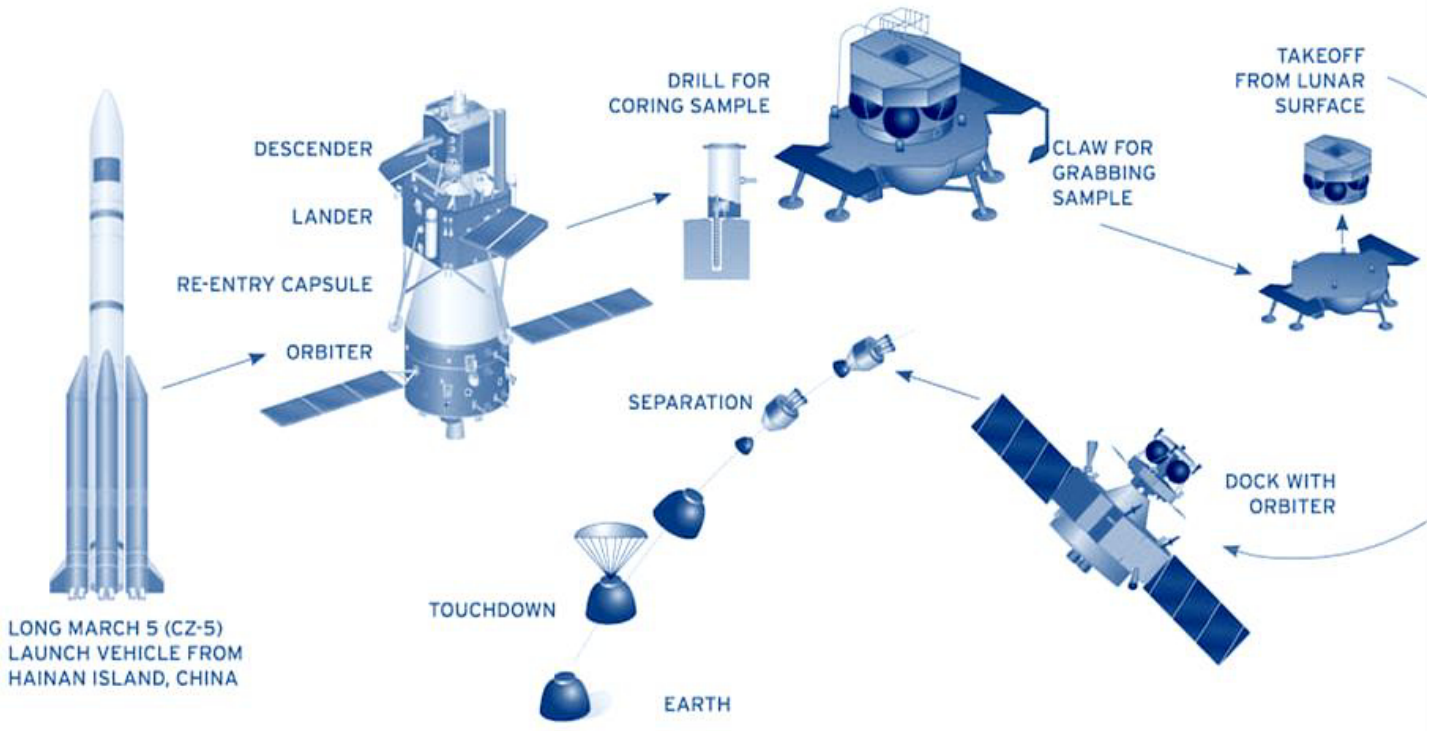
Durante las seis expediciones Apollo que alunizaron se recogieron 2415 muestras (382 Kg) de suelo lunar, la mayoría recogidas por las misiones Apollo-15, Apollo-16 y Apollo-17 que se recogieron mediante el uso de diferentes herramientas, incluyendo martillos, rastrillos, palas, etc.; fueron fotografiadas antes de ser recogidas para registrar las condiciones naturales en que se encontraban en la Luna, se depositaron en bolsas y contenedores de muestras en ambientes especiales para su regreso a la Tierra y quedaran protegidas de la contaminación.

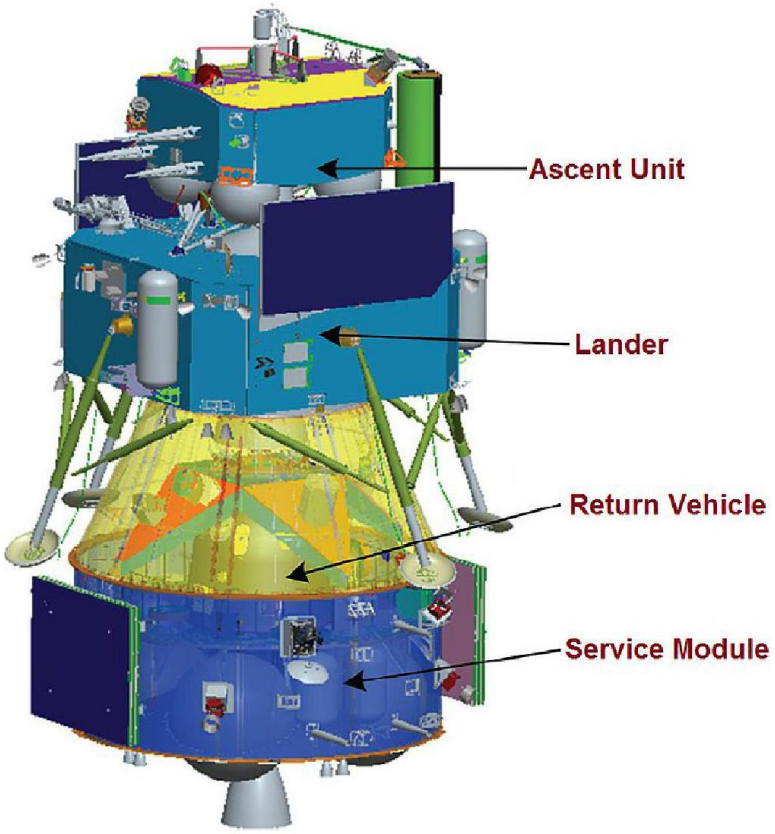
Las muestras lunares datan de entre 3200 millones de años (muestras de basalto de los mares lunares) y 4460 millones de años (zonas altas) entre estas muestras se encuentra la Roca Génesis traída en la misión Apollo-15, de un período muy temprano en la formación del Sistema Solar; con características muy similares a las rocas terrestres, especialmente en cuanto a la cantidad de isótopos de Oxígeno, tienden a ser relativamente bajas en Hierro, carecen absolutamente de agua y no contienen elementos químicos volátiles como Potasio y Sodio, entre los minerales encontrados en la Luna está la armalcolita (bautizada así en honor a los astronautas Armstrong, Aldrin y Collins).

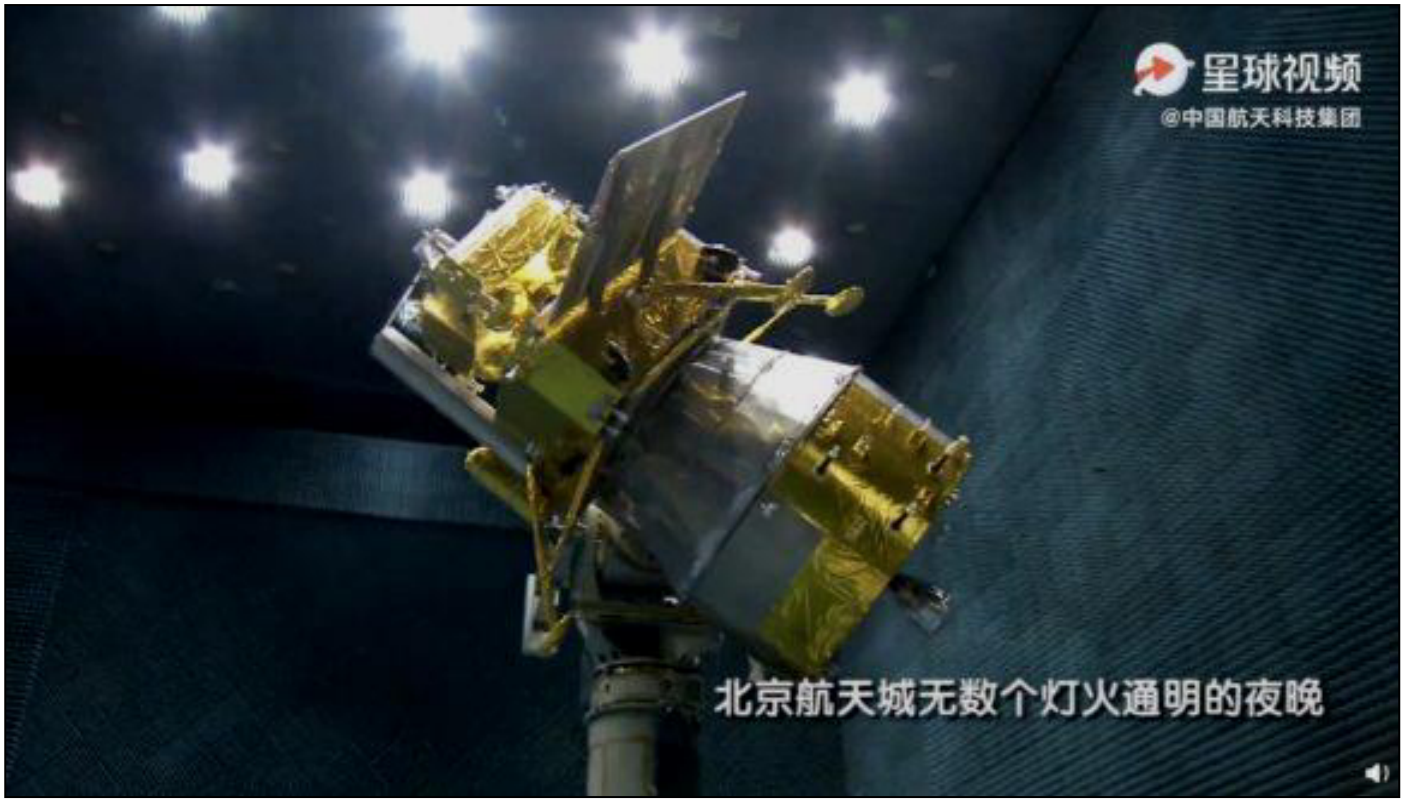
Misión Chang´e 5



Chang'e-5, fue diseñada y desarrollada por la Academia China de Tecnología Espacial (CASC) constaba de cuatro módulos en órbita lunar, un Módulo de Servicio, Vehículo de Retorno, Lander y Vehículo de Ascenso, tenía un peso de lanzamiento de 8200 Kg, el Módulo de Servicio incluía todos los sistemas de apoyo al vehículo ensamblado en camino a la Luna, permanecer en órbita lunar durante un período prolongado de tiempo mientras las operaciones de superficie se llevaron a cabo, reunirse con el Vehículo de Ascenso en órbita, volver y reingresar a la Tierra, siendo la misión más importante del Programa CLEP de China hasta el momento.




Ascent Unit
Lander
Return Vehicle
Service Module


星球视频
@中国航天科技集团
北京航天城无数个灯火通明的夜晚

Lanzamiento

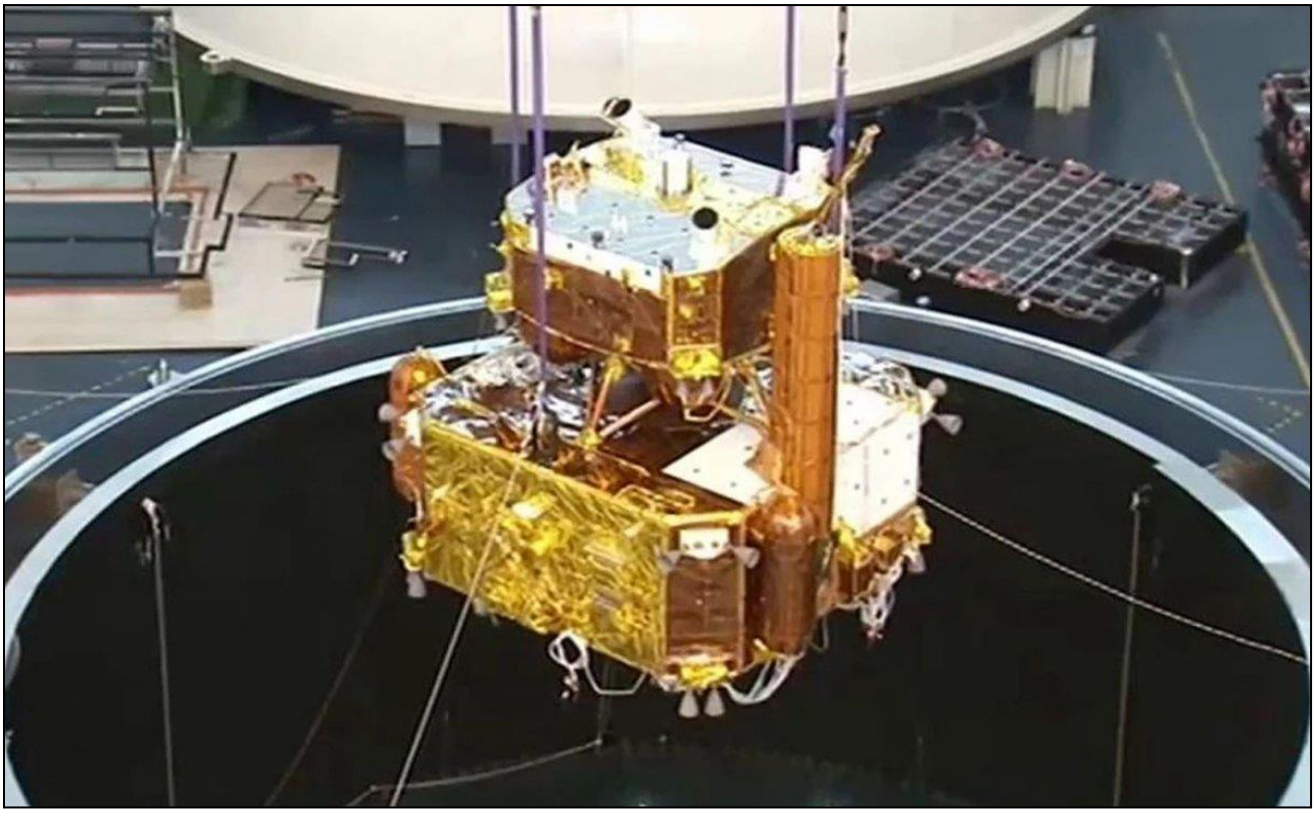
El cohete fue transportado en barco hasta un puerto en Wenchang a fines de septiembre y luego llevado al Centro de Lanzamiento Wenchang, Hainan y finalmente la nave fue lanzada el 23-11-2020 a bordo del vehículo CZ-5, entrando exitosamente en su órbita predeterminada y luego del despliegue de sus paneles solares comenzó su viaje estimado en 112 hrs.

Lander

Estructura idéntica al lander de la Misión Chang'e-3 con la excepción de los alojamientos del Vehículo de Ascenso y el equipo de muestreo de superficie (fotos) que no fueron probados por Chang'e-3, posee 4 patas de aterrizaje primarias utilizando un diseño de tipo voladizo con parachoques y elementos de amortiguación interiores en los puntales primarios y secundarios multifuncionales que interactúan con el panel inferior del lander, el sistema de propulsión también similar al utilizado por la Misión Chang'e-3 que consistía en un motor principal que podía realizar una única combustión continua durante el alunizaje, durante el vuelo orbital y la secuencia de alunizaje, el control de actitud era proporcionado por 28 propulsores, la energía era suministrada por dos paneles solares que podían abrirse y cerrarse, la navegación era proporcionada por una plataforma de guía inercial, un sistema de medición láser, un altímetro y una cámara óptica de descenso, llevó también una cámara panorámica, Radar de Penetración del Regolito Lunar (LRPR) y un Espectrómetro Mineralógico Lunar visible e IR cercano.

Módulo de Servicio

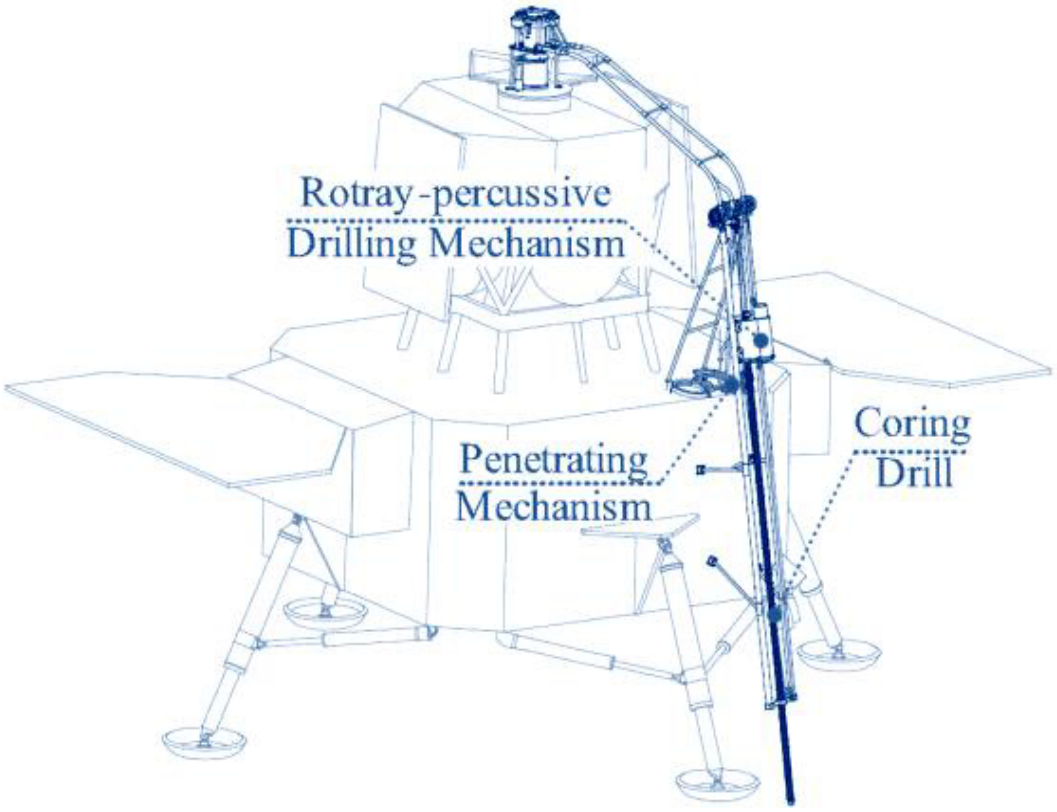
El Módulo de Servicio estaba equipado con paneles solares, sistemas de comunicación para el enlace ascendente de comando desde la Tierra y enlace descendente de telemetría, así como un sistema de propulsión y propulsores de control de actitud, el sistema de propulsión del Módulo de Servicio se utilizó para realizar maniobras de corrección de trayectoria hacia la Luna, la inserción en la órbita lunar, el mantenimiento orbital y la inyección trans-terrestre al final de la misión, también interactuaba directamente con el Vehículo de Retorno (instalado en una cavidad del Módulo de Servicio para reducir la longitud total del vehículo.

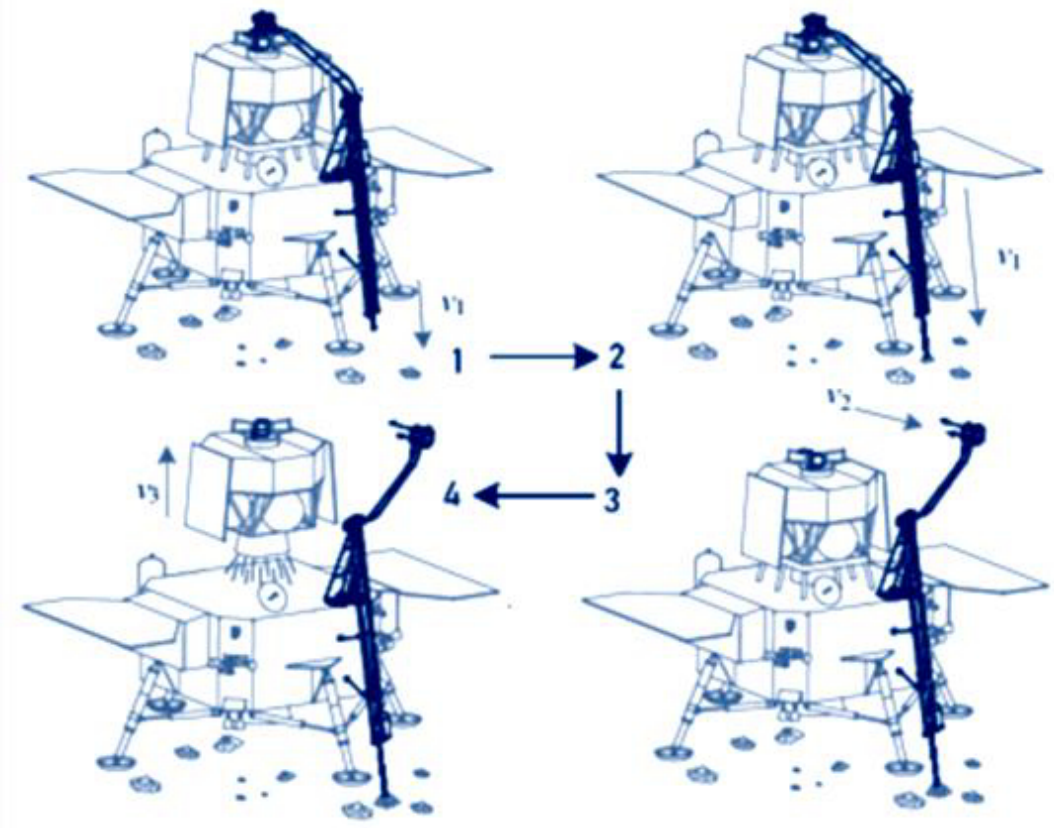


Vehículo de Ascenso

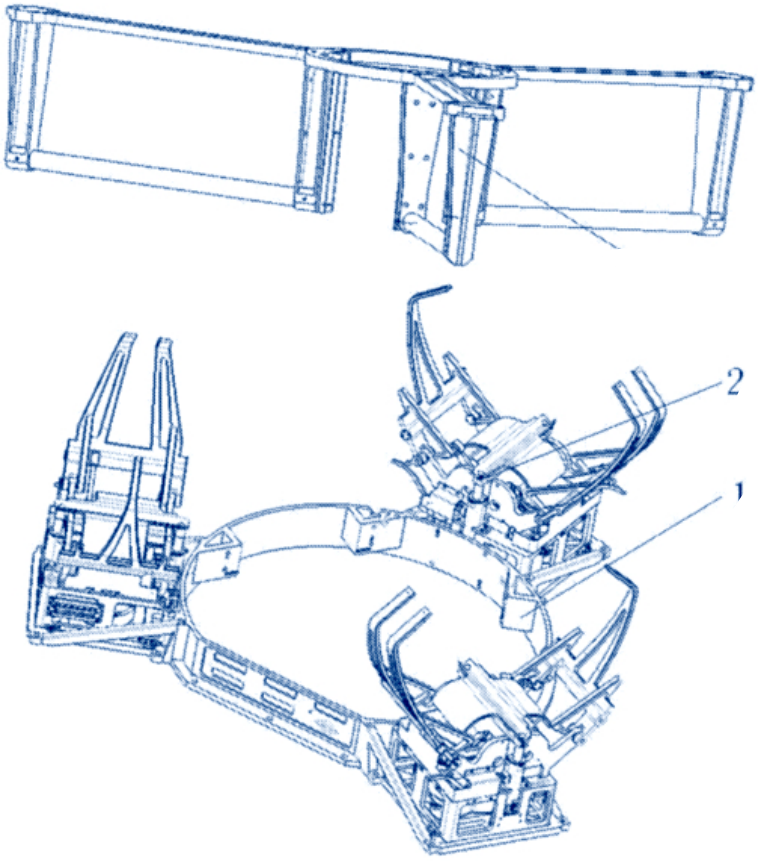
Ubicado en la cubierta superior del Lander utilizó accesorios estructurales para permanecer en su lugar durante el vuelo orbital, el alunizaje y la misión de superficie, una interfaz central desde el Lander hasta el Vehículo de Ascenso se adjuntaba en la parte superior mediante un brazo que facilitaba el mecanismo de transferencia de muestras y que se podía mover hacia un lado para despejar el camino para su correspondiente lanzamiento desde la plataforma superior del Lander; la interfaz utilizó un brazo robótico de 4° de libertad que tenía una pala y un sistema de procesamiento de muestras que utilizaba mecanismos de vibración y separación que aseguraban que se puedan adquirir varias muestras de forma individual sin entrar en contacto entre sí y luego fueron entregadas al Vehículo de Ascenso.

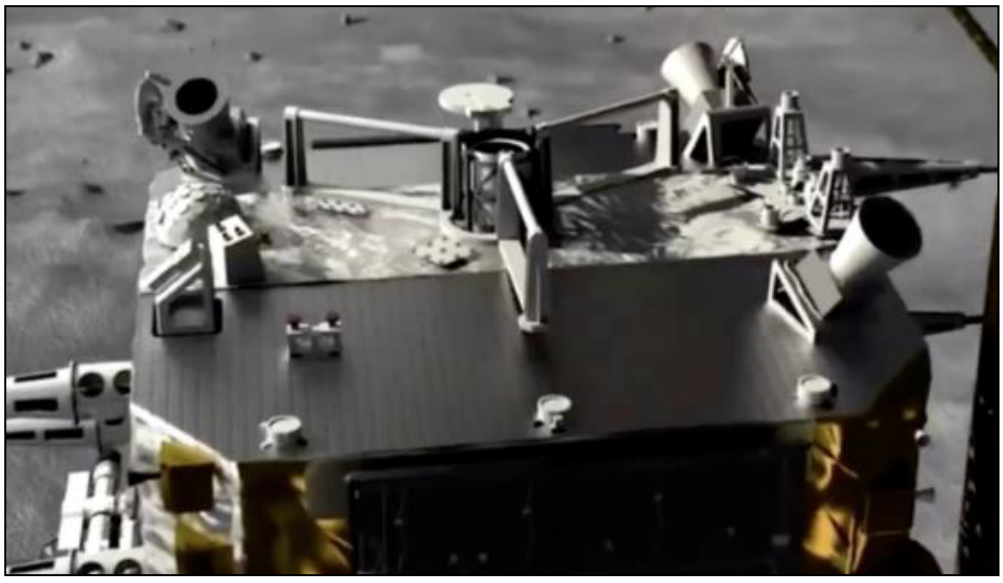
El lander llevó un taladro de perforación para adquirir muestras de perforación en forma de núcleo intacto hasta una profundidad de 2 m haciendo uso de un mecanismo de perforación rotatorio, el núcleo de perforación era enviado al Vehículo de Ascenso dentro de un tubo de Kevlar que proporcionaba suficiente estabilidad para protegerlo y, al mismo tiempo era lo suficientemente flexible como para compactarse en tamaño.


Rotray-percussive
Drilling Mechanism
Coring
Drill
Penetrating
Mechanism


1
2
3
4

El Vehículo de Ascenso llevó un sistema de propulsión principal construido alrededor de un motor principal central que se encendía para despegar, llevando las muestras de regreso a la órbita lunar y acoplarse con el Módulo de Servicio, el acoplamiento se realizó mediante un mecanismo de tipo garra (espaciadas 120°) que se cerraban cuando entraban en contacto con el lado pasivo del sistema, que incluía puntales para crear una unión firme entre el Vehículo de Ascenso y el Vehículo de Retorno, luego, con un sistema robótico las muestras se transferían al Vehículo de Retorno, una vez completada la transferencia de muestras, la unidad de ascenso se separó para que el Módulo de Servicio pueda sacar el vehículo de la órbita y llevar al Vehículo de Retorno a la Tierra.



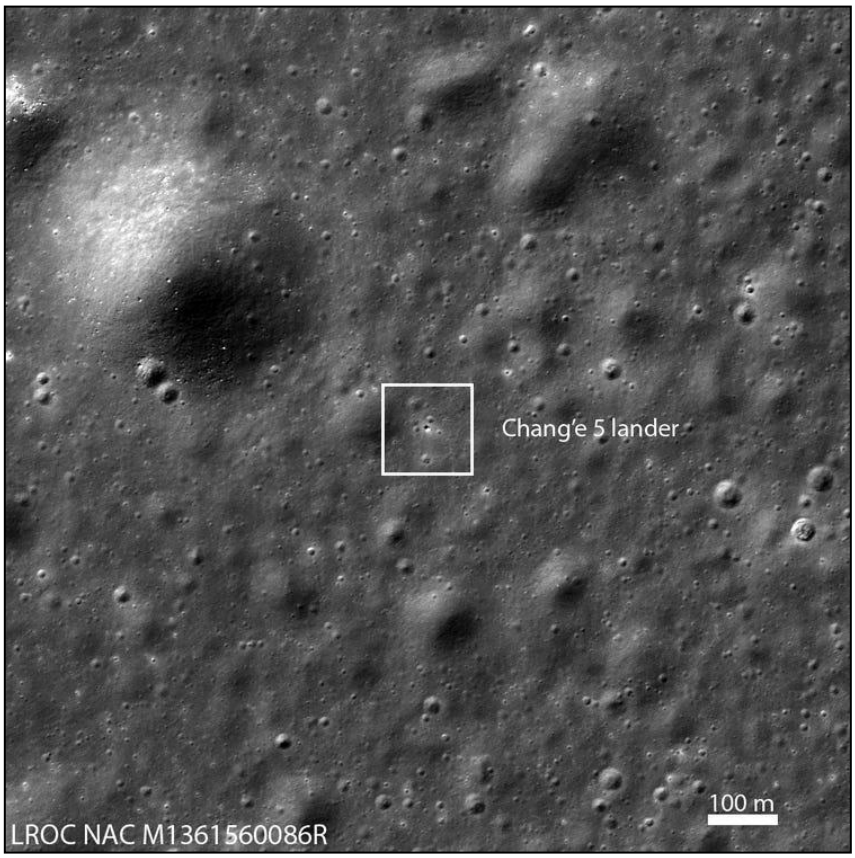


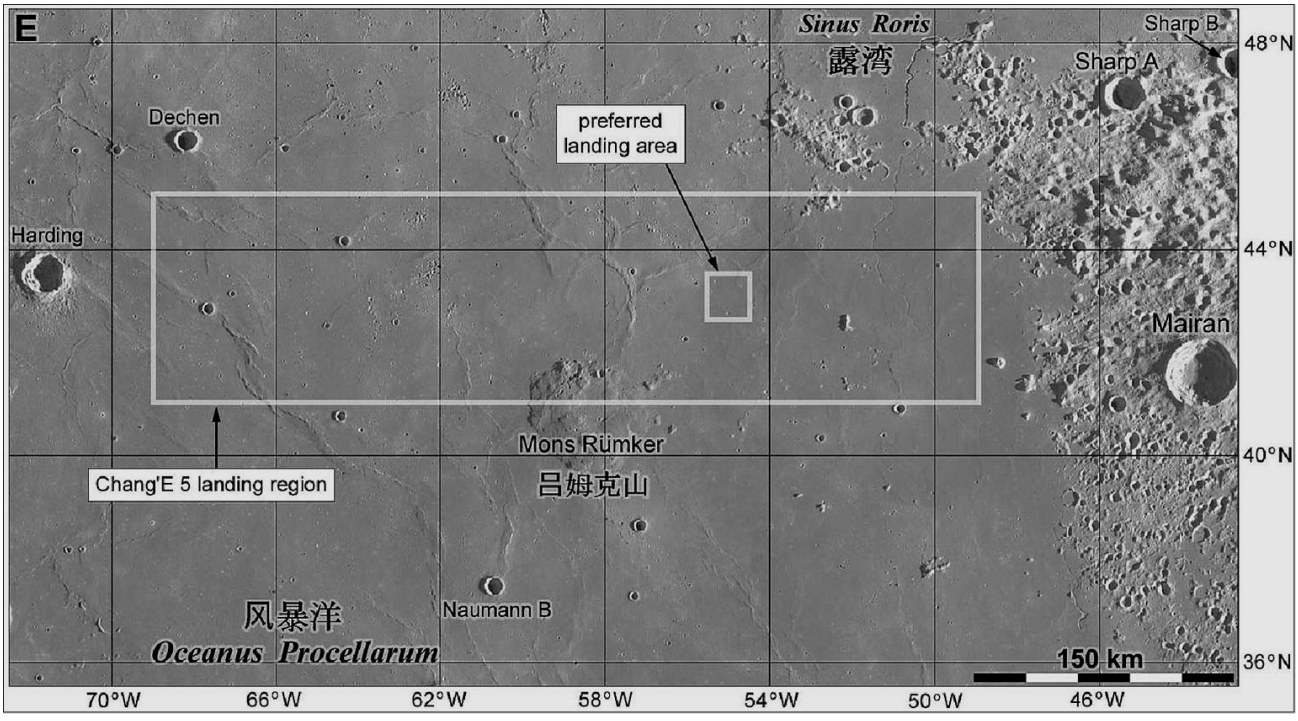
Vehículo de Retorno

De características similares a una cápsula Shenzhou en una versión reducida, estaba equipado con un escudo térmico modificado para poder resistir el reingreso a la atmósfera terrestre a 39600 Km/h (el aterrizaje se logró utilizando paracaídas que se desplegaban durante el vuelo atmosférico) incluyendo un sistema de propulsión para controlar activamente su orientación antes de la reentrada y modificar su ruta ajustando la elevación aerodinámica para apuntar a una zona de aterrizaje, sistemas de medición a bordo y balizas de comunicación para la ubicación del vehículo en la Tierra.

Sitio de alunizaje

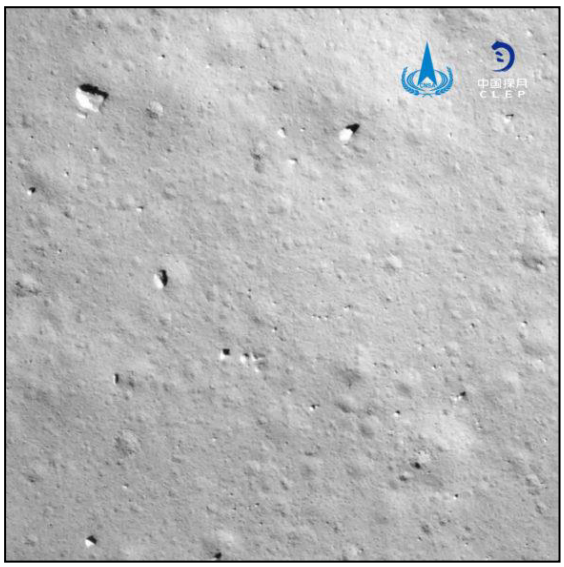
Chang´e 5 alunizó cerca de Mons Rümker, en Oceanus Procellarum, zona situada al N-O de la cara visible de la Luna, aprovechando la arquitectura de la misión que permitía acceder a casi la totalidad de la superficie lunar.

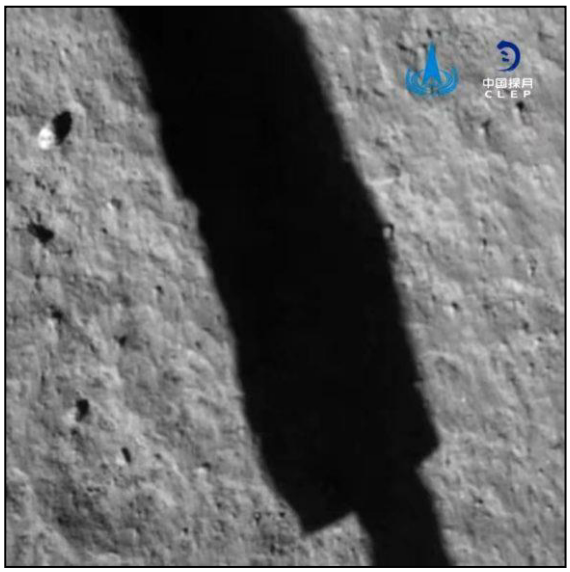


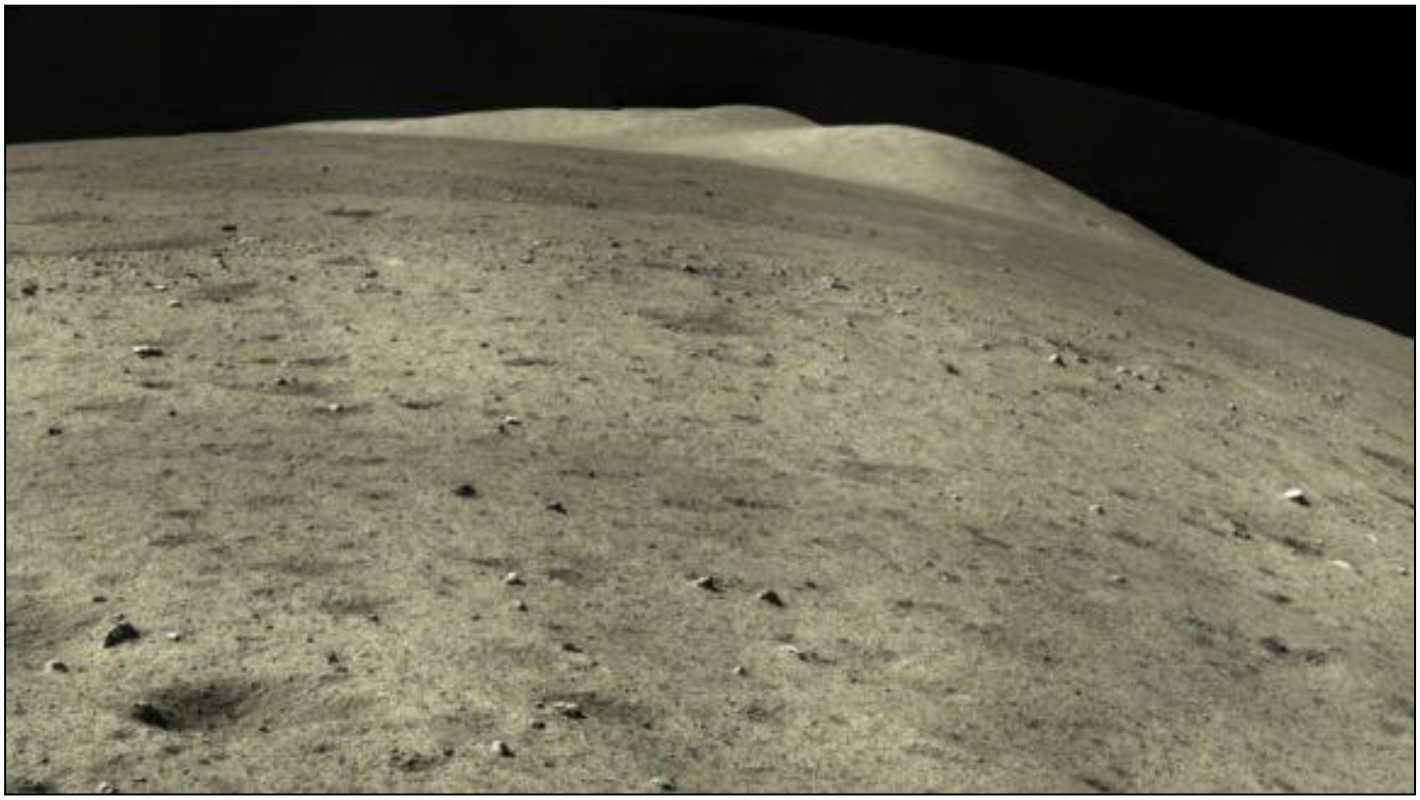


Una vez que la nave alcanzó la órbita lunar, los componentes se separaron en dos partes, el Módulo de Servicio y el Vehículo de Retorno permanecieron en la órbita mientras el Lander y el Vehículo de Ascenso descendieron hacia la superficie.

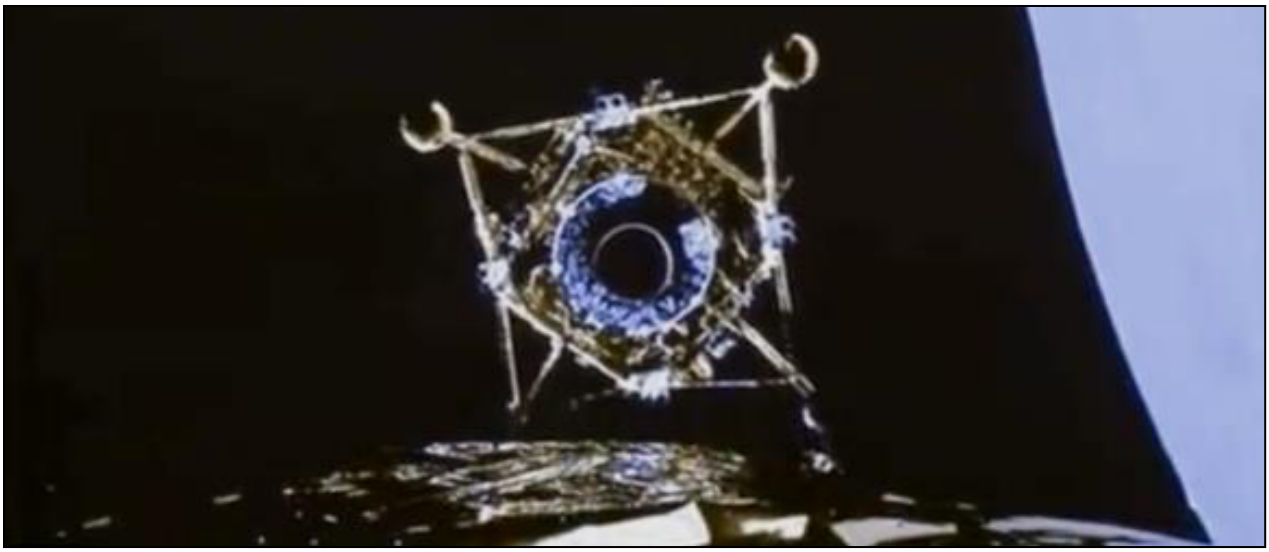
El 1-12-2020, el Lander alunizó, tomó fotografías de los alrededores del sitio de alunizaje y poco después, con el taladro situado en la etapa de descenso comenzó a perforar en busca de muestras a 2 m de profundidad, la operación de recolección terminó mucho antes de lo previsto; el lander también llevó una cámara visible e IR y un radar para analizar la zona de alunizaje y determinar las características del terreno, contaba con un brazo robótico para recolección muestras por si el taladro no funcionaba.



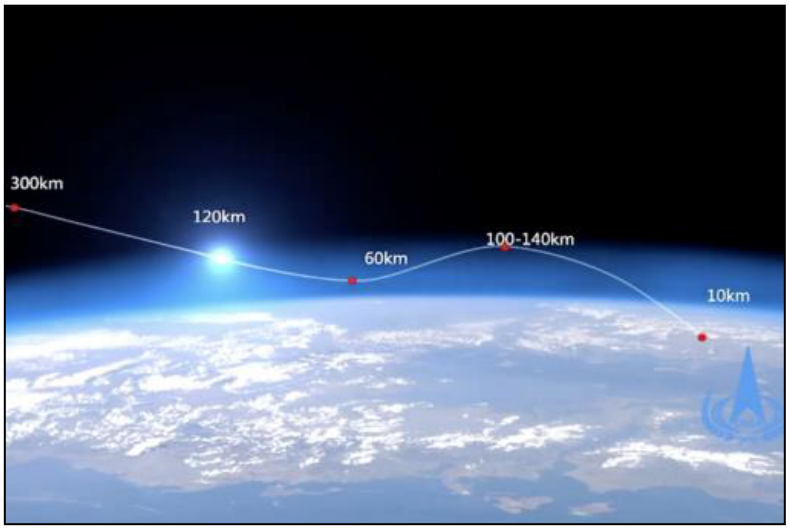




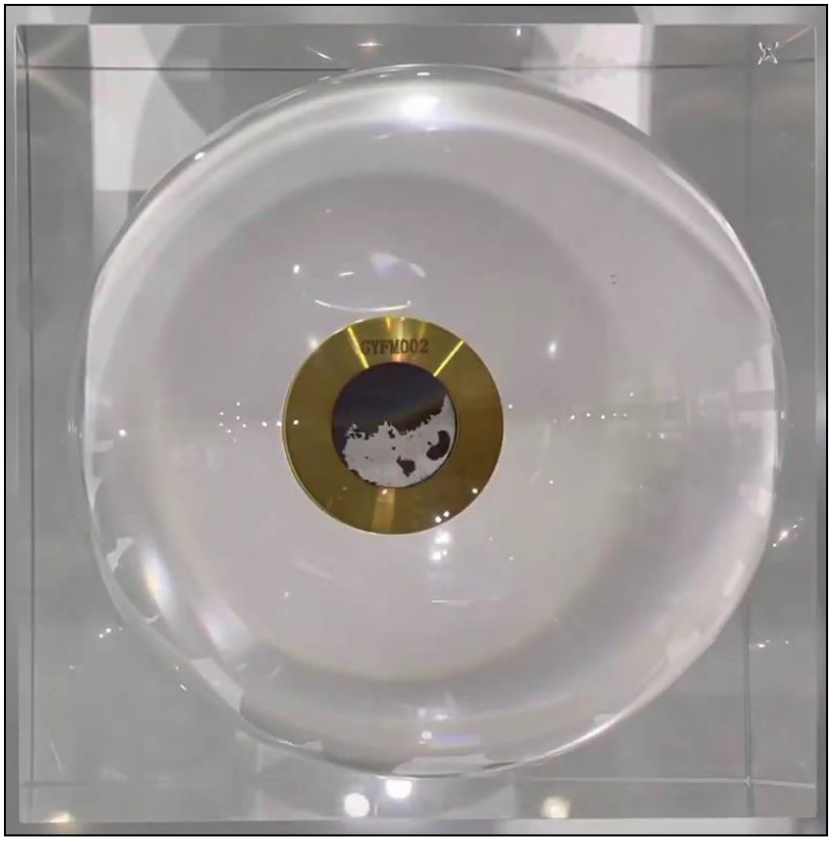
Las muestras se empaquetaron en un recipiente de vacío especialmente diseñado dentro del Vehículo de Ascenso para evitar la contaminación, el 3-12, el Vehículo de Ascenso se elevó a una órbita lunar y se conectó con la combinación Módulo de Servicio/Vehículo de Retorno el 6-12 y transfirió las muestras lunares, el Vehículo de Ascenso se separó, estrellándose contra el suelo lunar el 8-12.



Luego, el Módulo de Servicio encendió sus motores para abandonar la órbita lunar y poner rumbo a la Tierra (la maniobra constaba de dos encendidos, uno era para situar la nave en una órbita elíptica y otro para enviar la sonda en una trayectoria hacia la Tierra) y entró en una trayectoria de transferencia Luna-Tierra el 13-12.



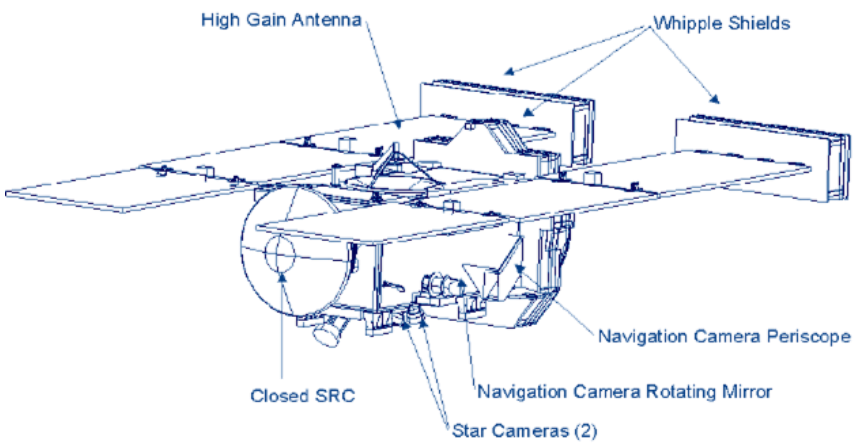
El Vehículo de Retorno (cápsula) se separó del Módulo de Servicio a unos 5000 Km de la Tierra siguiendo un salto de reentrada, que implicaba rebotar en la atmósfera, luego de descender hasta los 60 Km de altura, volvió a subir por encima de los 100 Km mientras sobrevolaba el Himalaya para luego entrar otra vez en la atmósfera; a 10000 m de altura se desplegó su paracaídas y descendió suavemente el 16-12-2020 con 2 Kg de rocas lunares en Siziwang Banner, región autónoma de Mongolia Interior, finalmente las muestras se transfirieron a un laboratorio especialmente diseñado en la Academia de Ciencias de China y luego se distribuyeron a los investigadores para su análisis, experimentos y pruebas.


CYFM002

CE5C0400
YJFM00406
N
T.
1CM

Misión Stardust - Cometa Wild-2

Lanzada desde Cabo Cañaveral el 7-02-1999 a bordo de un cohete Delta II, Stardust fue una sonda robótica con un peso de 390 Kg, su objetivo principal era capturar muestras cometarias, como también de polvo interestelar, los principales desafíos para lograr esto con éxito implicaron ralentizar las partículas de su alta velocidad con un calentamiento mínimo u otros efectos que causarían su alteración física, las partículas capturadas serían más pequeñas que un grano de arena, para recolectar partículas sin dañarlas, la nave utilizó una sustancia llamada aerogel, un sólido a base de Silicio con una estructura porosa en la que el 99,8 % del volumen es espacio vacío, no es como las espumas convencionales, es un material poroso especial con una microporosidad extrema en una escala de micrones, compuesto de características individuales de solo unos pocos nanómetros de tamaño que están unidos en una estructura dendrítica muy porosa, esta sustancia exótica tiene muchas propiedades inusuales, como baja conductividad térmica, índice de refracción y velocidad del sonido, además su capacidad para capturar polvo que se mueve rápidamente.

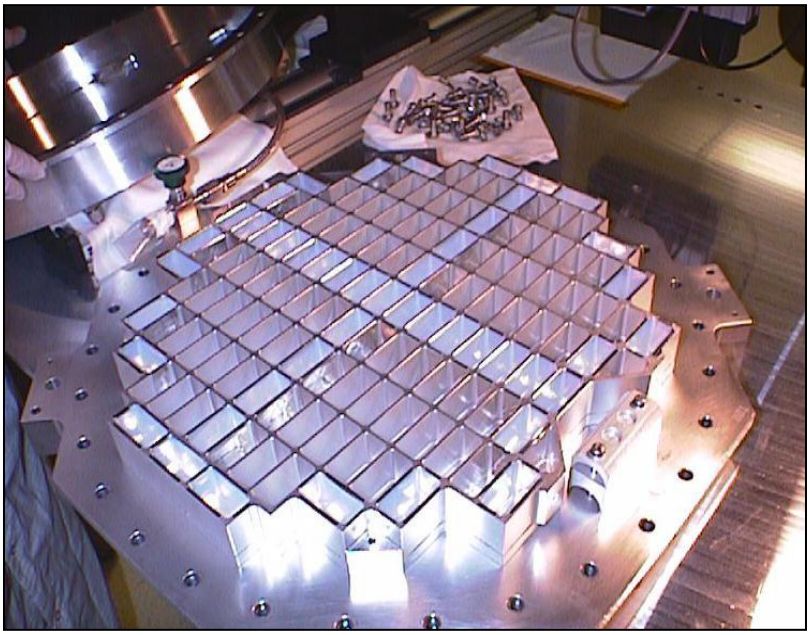


El aerogel se fabrica mediante el secado a alta temperatura y en un punto crítico de presión de un gel compuesto de unidades estructurales de sílice coloidal llenas de disolventes, fue preparado y calificado para vuelos en el NASA-JPL, este particular aerogel se acerca a la densidad del aire, es fuerte y sobrevive fácilmente a entornos espaciales y lanzamientos.

Cuando una partícula golpeaba el aerogel, se enterraba en el material, creando una pista de hasta 200 veces su propia longitud, esto lo ralentizaba y detenía la muestra de forma relativamente gradual, como el aerogel es principalmente transparente, con un distintivo tono azul ahumado, los científicos usaron estas pistas para encontrar las partículas.

La nave transportaba una cápsula de retorno de muestras de 46 Kg que se arrojó a la atmósfera terrestre, con muestras de polvo cometario e interestelar, también llevaba dos instrumentos científicos y varios instrumentos de ingeniería, que también recopilaban datos científicos y que eran necesarios para la operación de la nave.

Los colectores de polvo eran dos, en forma de raqueta de tenis capaces de extenderse y retraerse dentro de la nave, el aerogel que cubría los colectores atrapaba las partículas de polvo disminuyendo su velocidad hasta quedar incrustadas en su interior, de un lado, el colector recogió material del cometa Wild 2, mientras que del otro lado el colector tomó muestras de polvo interestelar, el instrumento analizador de polvo interestelar y cometario (CIDA) determinó la composición de los granos de polvo individuales que chocaron en una placa de impacto de Plata.



Los principales objetivos científicos de Stardust incluían hacer un sobrevuelo del cometa Wild-2 a una velocidad lo suficientemente baja como para que se pudieran recolectar muestras para su retorno y se pudieran recolectar partículas de polvo interestelar, en su camino a su objetivo, la sonda Stardust recogió material de polvo interestelar más antiguo que el Sistema Solar y entró en coma de Wild-2 el 31-12-2003 e hizo su mayor aproximación el 2-01-2004, pasando a 250 Km del cometa, el recolector de muestras se extendió el 24-12 y, después de recolectar todo el material posible, se selló en la bóveda de muestras de la cápsula de reentrada solo 6 hrs después del sobrevuelo.

En enero de 2006, Stardust dejó caer su cápsula cónica en la atmósfera terrestre, aterrizando en el campo de pruebas y entrenamiento de la USAF, en Utah, la cápsula fue transferida al Centro Espacial Johnson (NASA), donde los investigadores comenzaron la búsqueda a través del aerogel de señales de las partículas.

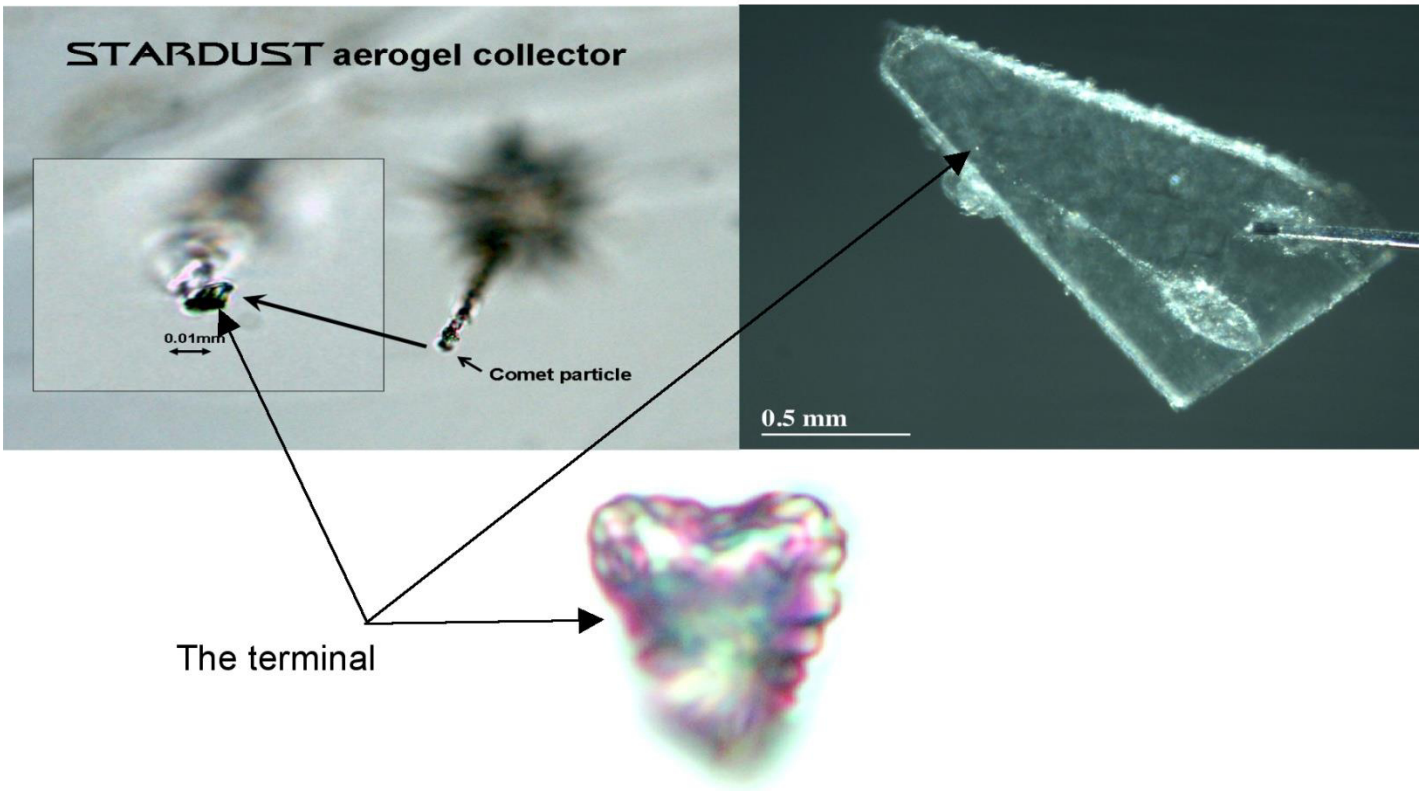
Los hallazgos sugieren que los materiales de las regiones internas del Sistema Solar podrían haber viajado a los confines exteriores donde se formaron los cometas. Esto puede alterar la forma en que los científicos ven la formación y composición de los cometas, la mayoría de las muestras del cometa Wild 2 parecen ser mezclas débilmente construidas de granos muy pequeños con algunos granos más grandes. Además, una amplia gama de minerales de alta y baja temperatura, desde olivino hasta composiciones de piroxeno con bajo y alto contenido de Calcio, está presente en las muestras.

Tal diversidad de minerales de alta y baja temperatura requiere una amplia gama de condiciones de formación, probablemente reflejando diferentes ubicaciones de formación, muchas partículas no se formaron en el ambiente frío y en lugares donde se condensaron los hielos cometarios, en cambio, necesitaban altas temperaturas para formarse, así como procesos dinámicos complejos y aún poco entendidos para terminar donde realmente se formaron los cometas; además, las partículas de diferentes entornos deben haber sufrido algún proceso de acreción para terminar como agregados compuestos de diferentes minerales.

Uno de los principales descubrimientos del análisis de las muestras de cometas fue encontrar partículas ricas en materia orgánica, se cree que los cometas trajeron agua y materia orgánica a la Tierra primitiva, y es importante comprender la naturaleza de estos materiales porque son ingredientes necesarios para el origen de la vida, uno de los primeros análisis mostró abundantes hidrocarburos en muchas de las partículas.

Los análisis posteriores revelaron que parte de la materia orgánica se formó en la fría nube de polvo y gas que fue el precursor del Sistema Solar, un equipo de científicos utilizó técnicas espectroscópicas para estudiar las muestras, además de encontrar estas composiciones variadas, los investigadores encontraron una amplia diversidad de densidades de partículas, predominantemente agregados de grano fino, débilmente unidos, la mayoría también contienen cristales individuales mucho más grandes de olivino, piroxeno y sulfuros de Hierro/Níquel.

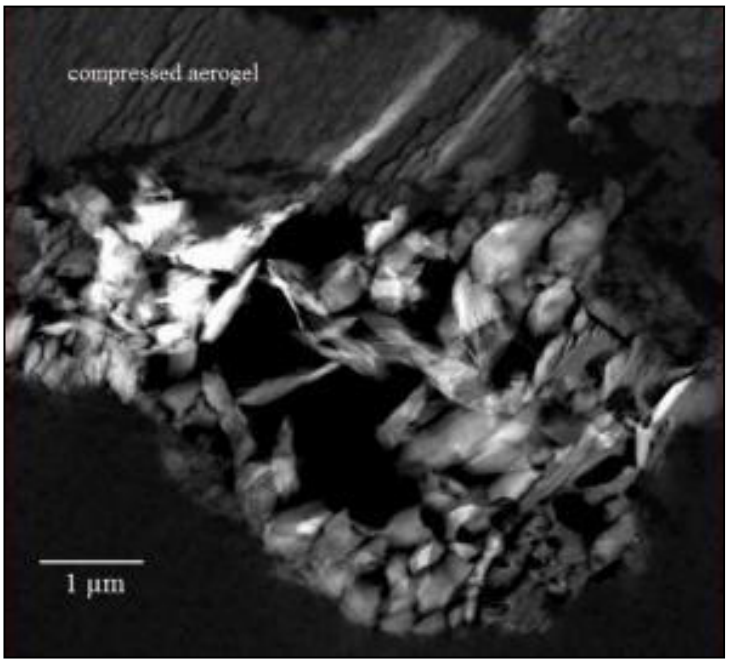
Las predicciones previas a la misión de Stardust incluían una amplia gama de tamaños, los hallazgos corroboran la opinión de tamaños de partículas altamente variables, la distribución de tamaño específica encontrada en las muestras de Wild-2 difiere de la del polvo del cometa Halley (Stardust tiene menos partículas de grano fino) y de la del cometa Grigg-Skjellerup (Stardust es de grano más fino).



Una expectativa común entre los científicos era que las muestras de cometas devueltas por la Misión Stardust estarían de hecho compuestas de pequeños granos que se formaron alrededor de otras estrellas. Muchos esperaban que gran parte de la materia sólida recolectada del cometa Wild 2 fueran agregados similares a terrones de tierra ensamblada a partir de pequeños granos de vidrio, mineral y Carbono, se imaginó que los componentes individuales serían muestras antiguas del mismo material que vemos en el cielo nocturno como la banda oscura en el medio de la Vía Láctea, la vista de borde de nuestra Galaxia, por una variedad de razones, se esperaba que los granos individuales que componían las estructuras de terrones de tierra tuvieran solo alrededor de un tercio de un micrómetro de ancho o alrededor del 0,3% del ancho de un cabello humano.

La mayoría de las huellas de captura, formadas a medida que las partículas se ralentizaban hasta detenerse, eran profundas y tenían forma de zanahoria, la producción de pistas profundas requiere partículas fuertes relativamente grandes, si el polvo del cometa hubiera estado formado por los terrones de tierra esperados compuestos de diminutos granos de polvo de estrellas, habrían producido agujeros en el aerogel que se parecían más a cuencos poco profundos que a la forma de zanahoria porque los componentes diminutos se detienen rápidamente y no pueden viajar muy lejos en el aerogel

El polvo interestelar está compuesto de materiales vítreos sin orden cristalino, la hipótesis ampliamente aceptada sobre el origen de los cristales cometarios es que son granos interestelares que se transformaron en cristales por un calentamiento leve en las proximidades de la estrella que orbitan.

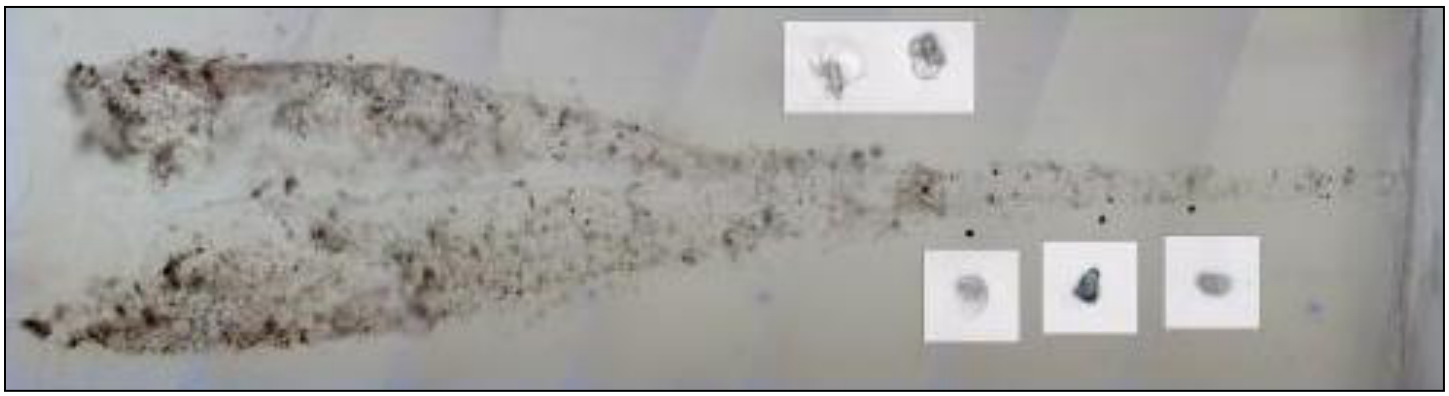


Las muestras de cometas recogidas por Stardust contienen abundantes minerales cristalinos y, en la mayoría de los casos, está claro que no se formaron por el calentamiento moderado previsto del polvo interestelar, muchos son demasiado grandes y tienen composiciones químicas y mineralógicas complejas que no podrían haberse formado mediante este proceso, las muestras cometarias se calentaron durante su formación a temperaturas muy altas como para derretirlas o vaporizarlas (temperaturas por encima de 1300° C) bastante notable porque algunos de los componentes del hielo de los cometas parecen haberse formado solo 30° por encima del cero absoluto.

El cometa es una mezcla muy extraña de materiales que se formaron a las temperaturas más altas y más bajas que existían en el Sistema Solar temprano, debido a que los materiales rocosos del cometa Wild 2 se formaron a temperaturas tan altas, se cree que se formaron en las cálidas regiones interiores del joven Sistema Solar y luego fueron transportados hasta más allá de la órbita de Neptuno.

Hubo varias teorías que sugirieron que podría haber ocurrido una mezcla a gran escala y los resultados de la sonda Stardust parecen ser una prueba de que esta mezcla a gran escala ocurrió y que muchas de las grandes partículas rocosas se formaron cerca del Sol, esto implica que, si bien los cometas contienen hielos que se formaron en el borde del Sistema Solar, los materiales rocosos que en realidad constituyen la mayor parte de la masa de un cometa, se formaron en las condiciones más calientes posibles.

Una de las partículas más notables encontradas en la colección Stardust es una partícula que lleva el nombre del Dios Sol Inca Inti, colección de fragmentos de roca que están todos relacionados en composición mineralógica, isotópica y química con componentes raros en meteoritos llamados CAI, que son los materiales más antiguos que se formaron en el Sistema Solar y contienen un conjunto notable de minerales que se forman a temperaturas extremadamente altas, además de estos minerales, Inti también tiene pequeñas inclusiones que pueden haber sido la primera generación de sólidos que se condensaron a partir del gas caliente en los inicios del Sistema Solar, incluyendo compuestos de Titanio, Vanadio y Nitrógeno, así como pequeñas partículas de Platino, Osmio, Rutenio, Tungsteno y Molibdeno.



Los científicos descubrieron glicina en las muestras del cometa, la glicina es un aminoácido utilizado por los organismos vivos para producir proteínas, y esta es la primera vez que se encuentra un aminoácido en un cometa, apoyando la teoría de que algunos de los ingredientes de la vida se formaron en el espacio y pudieron llegar a la Tierra por impactos de meteoritos y cometas.

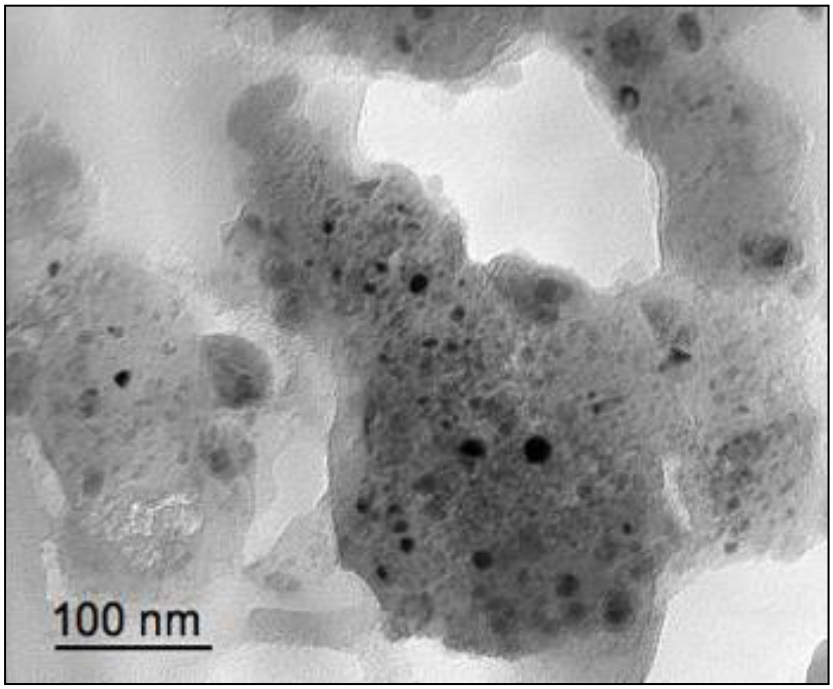
Anteriormente, un análisis preliminar en los laboratorios Goddard detectó glicina tanto en la lámina como en una muestra del aerogel. Sin embargo, dado que la glicina es utilizada por la vida terrestre, al principio el equipo no pudo descartar la contaminación de fuentes en la Tierra (era posible que la glicina se originara en la manipulación o fabricación de la propia nave espacial), una nueva investigación utilizó un análisis isotópico de la lámina para descartar esa posibilidad.

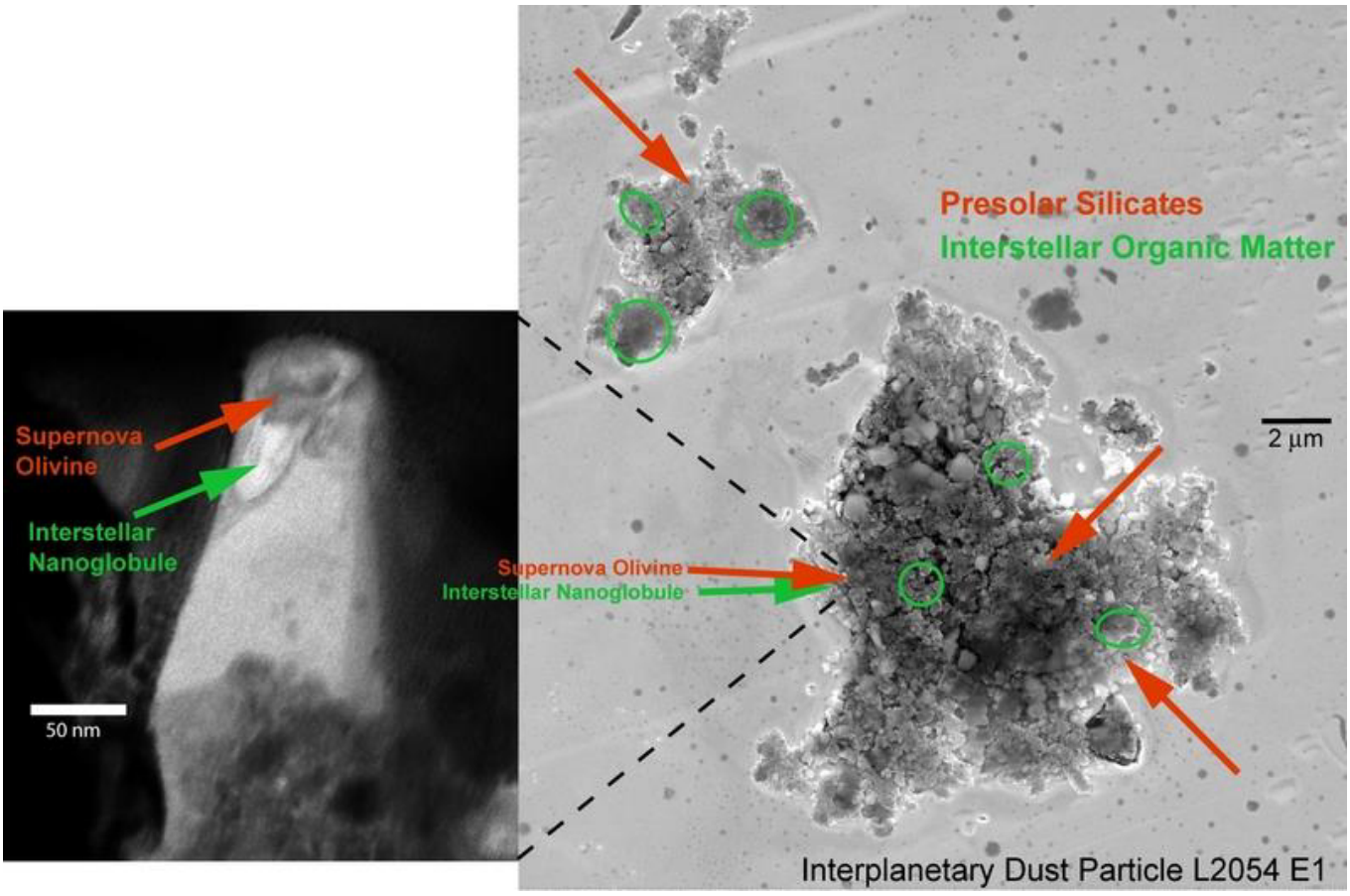
Los compuestos orgánicos del cometa recolectados por la nave espacial Stardust son más primitivos que los que se ven en los meteoritos y pueden haberse formado por procesos en nebulosas, entre las estrellas, o en la nube en forma de disco de gas y polvo de la que nuestro sistema fue formado.

Varios de los análisis indicaron que las muestras contienen hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), los PAH son moléculas hechas de Carbono e Hidrógeno que son comunes en el espacio interestelar, ciertas variedades químicas de PAH también contienen Oxígeno y Nitrógeno, algunos científicos creen que estas variantes de PAH también existen en el espacio interestelar, de interés para los astrobiólogos porque este tipo de compuestos juegan un papel importante en la bioquímica terrestre.

Las muestras de Stardust ayudaron a los investigadores a descubrir una nueva clase de compuestos orgánicos, capturados por las partículas de polvo, que eran más primitivos que los detectados en los meteoritos, también se encontraron partículas irregulares conocidas como inclusiones ricas en Calcio y Aluminio (CAI) que son los materiales más antiguos del Sistema Solar y son compuestos exóticos que se forman a temperaturas muy altas.

El equipo también descubrió algunas partículas interestelares, las primeras recolectadas en el espacio y traídas a la Tierra para su estudio, estas partículas se trasladaron al Sistema Solar desde regiones entre las estrellas y probablemente se formaron antes de la formación del Sol.





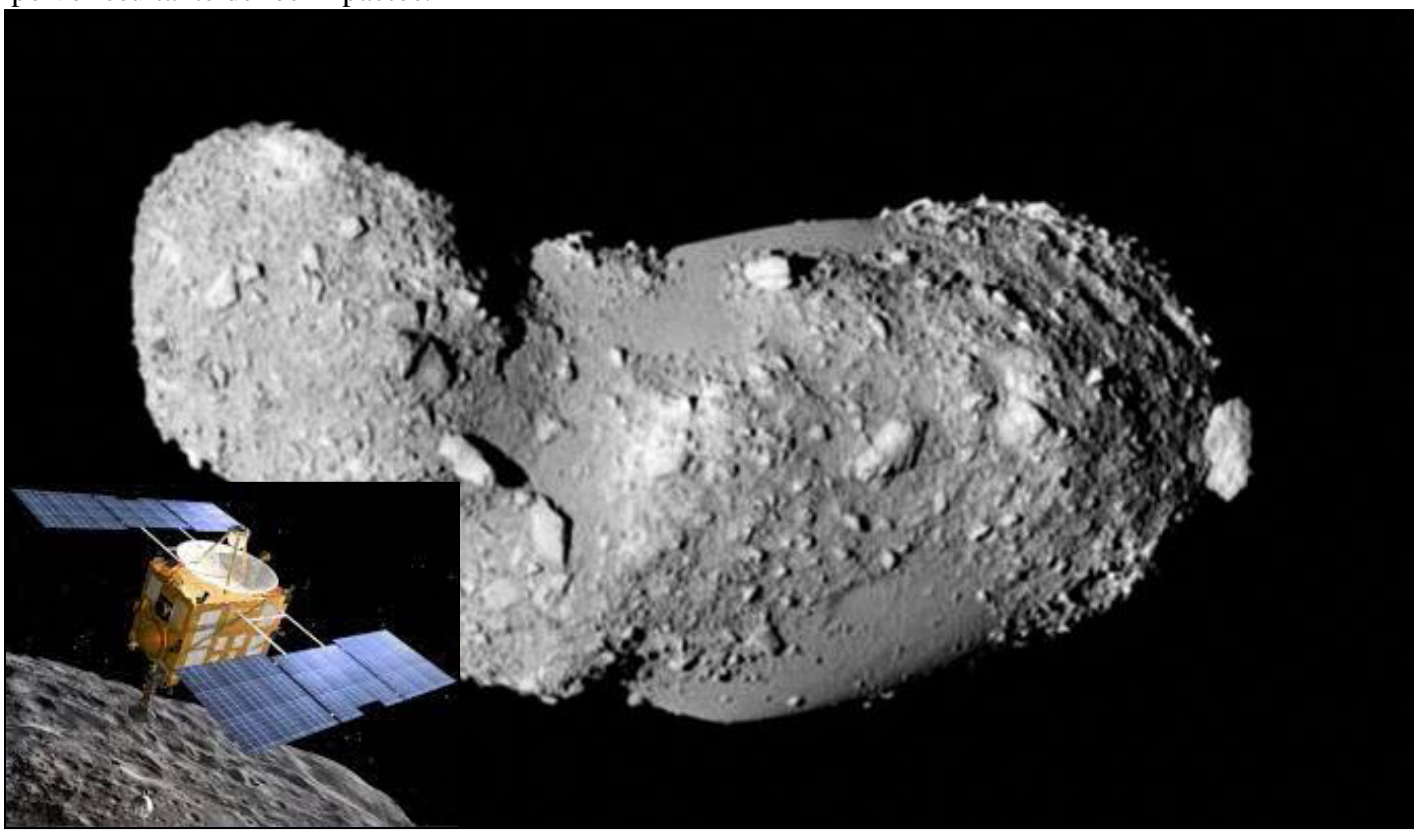
Misión Hayabusa-1 - Asteroide Itokawa

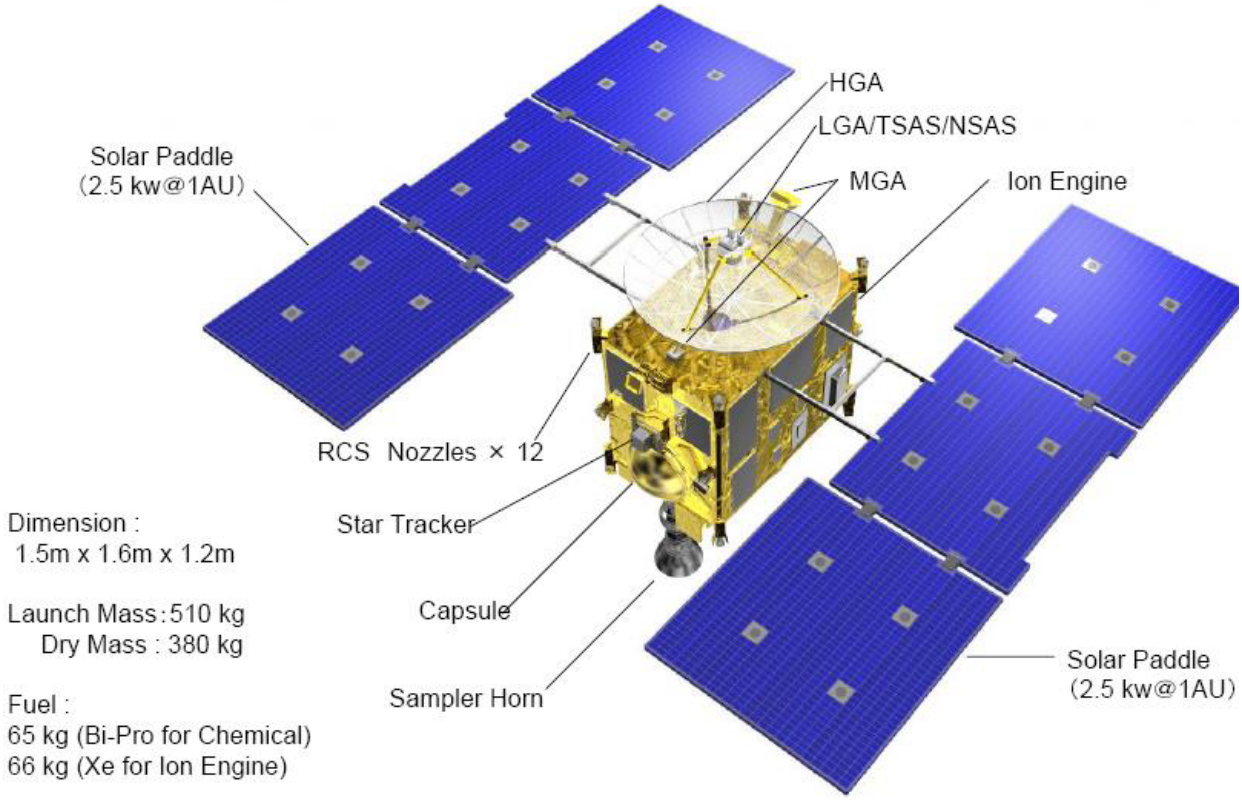
Denominada también MUSES-C, lanzada desde el Centro Espacial Ochinoura, Japón el 9-05-2003 a bordo de un cohete M-V, a la nave se le asignaron cuatro demostraciones de ingeniería, demostración del motor de iones como el motor principal para la navegación interplanetaria, demostración de control de guiado autónomo mediante navegación óptica, demostración tecnológica de muestreo, demostración tecnológica para que la cápsula colectora vuelva a entrar en órbita terrestre desde el espacio interplanetario, aunque cada uno de estos temas desafiantes fue de extrema dificultad, se pudieron completar todos con éxito.

La misión al asteroide no fue diseñada para aterrizar; simplemente hacía un pasaje y tocaba la superficie con su dispositivo de captura de muestras; en 2005 realizó tres pasajes y un aterrizaje en la superficie del asteroide durante esos dos vuelos, a pesar de la intención de su diseñador de un contacto momentáneo, la nave aterrizó en la superficie del asteroide durante unos 30 min.

Luego del lanzamiento exitoso, los motores de iones de Xenón de la nave (4 unidades separadas), operaron casi continuamente durante dos años, propulsando lentamente a la nave hacia su cita en 2005 con el asteroide, cuando llegó al asteroide Itokawa permaneció en una órbita heliocéntrica de mantenimiento, donde examinó la superficie del asteroide desde una distancia de unos 20 Km, luego se acercó al asteroide para realizar una serie de aterrizajes suaves y para la recolección de muestras en un sitio seguro.

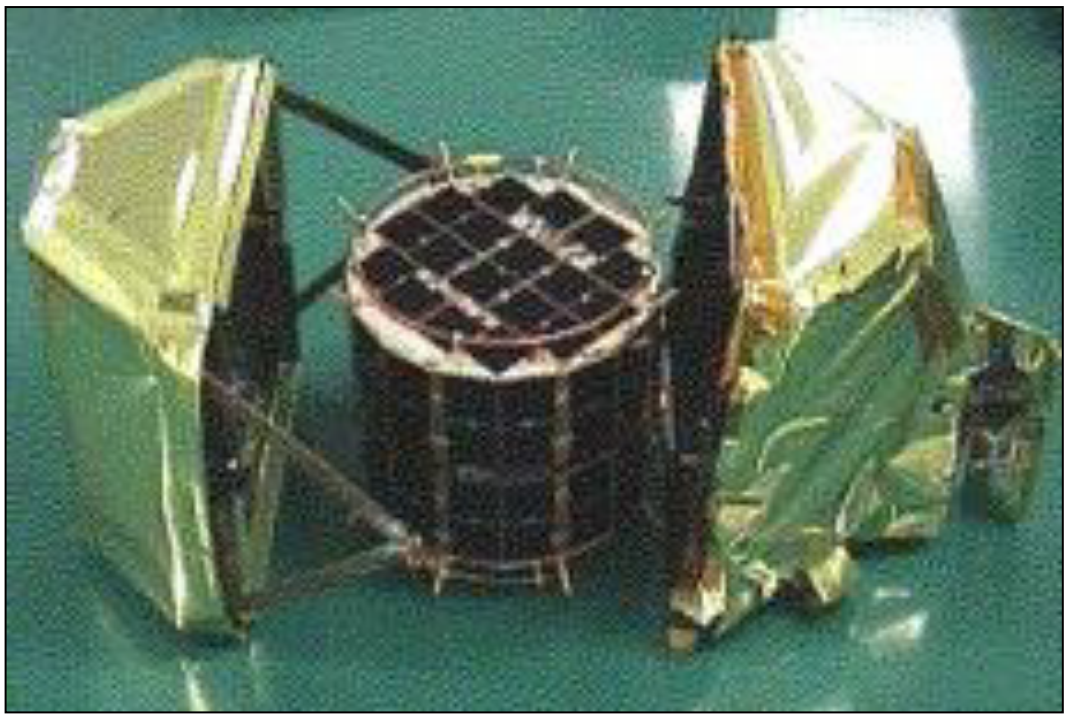
La navegación óptica autónoma fue ampliamente utilizada durante este período porque el largo retraso de la comunicación prohibía el comando en tiempo real desde la Tierra; durante el segundo aterrizaje con su equipo recolector desplegable, la nave fue programada para disparar pequeños proyectiles y luego recolectar las partículas de polvo resultante de los impactos.

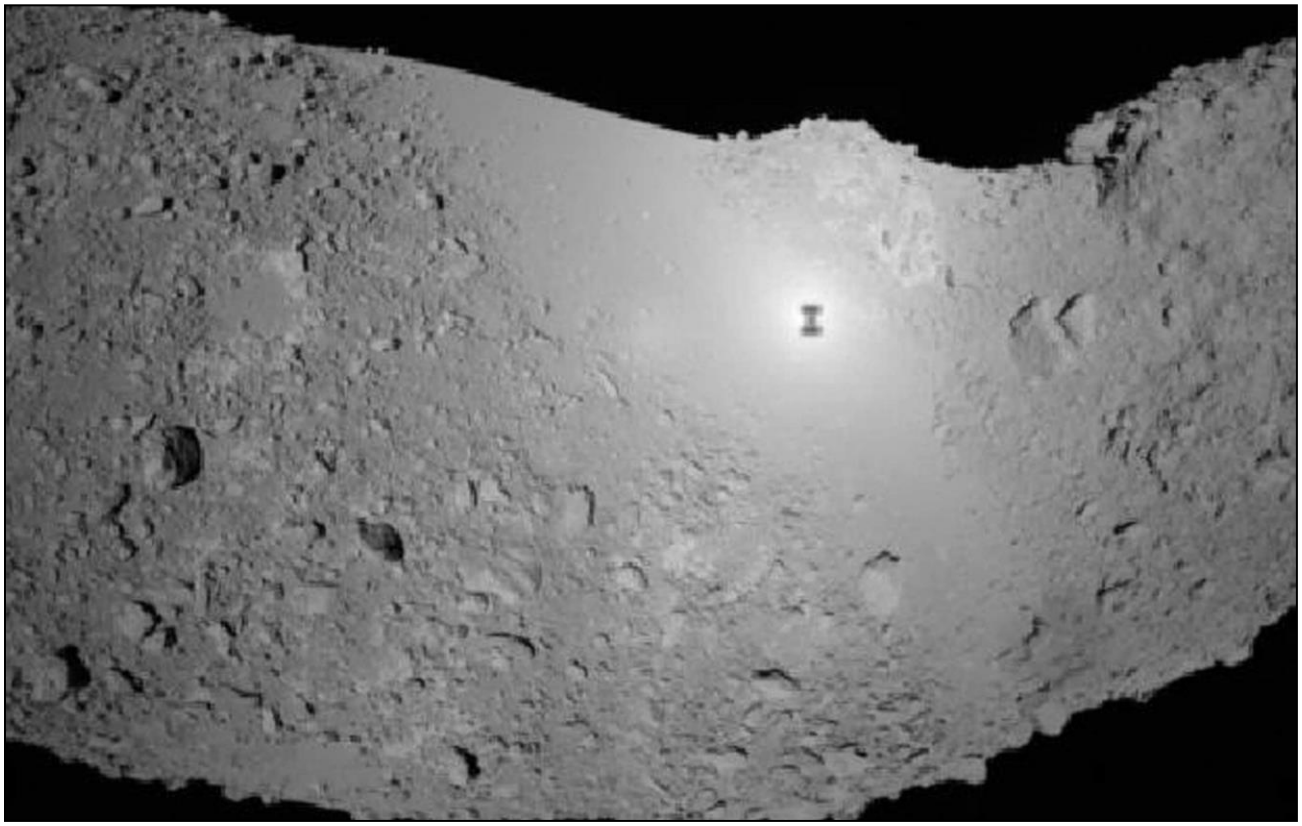



HGA
LGA/TSAS/NSAS
MGA
Ion Engine
Solar Paddle
(2.5 kw@1AU)
RCS Nozzles × 12
Star Tracker
Capsule
Sampler Horn
Solar Paddle
(2.5 kw@1AU)
Dimension :
1.5m x 1.6m x 1.2m
Launch Mass : 510 kg
Dry Mass : 380 kg
Fuel :
65 kg (Bi-Pro for Chemical)
66 kg (Xe for Ion Engine)

Hayabusa llevaba a bordo un mini-lander de 591 grs de 10 cm de alto x 12 cm de diámetro llamado MINERVA (MICro Nano EXperimental Robot Vehícle Asteroid) vehículo de energía solar diseñado para aprovechar la muy baja gravedad del asteroide Itokawa mediante el uso de un conjunto de volante interno para saltar a través de la superficie transmitiendo imágenes de sus cámaras a Hayabusa cada vez que las dos naves espaciales estaban a la vista.

MINERVA se desplegó el 12-11-2005, el comando de liberación del módulo de aterrizaje se envió desde la Tierra, pero antes de que llegara el comando, el altímetro de Hayabusa midió su distancia desde Itokawa en 44 m iniciando una secuencia automática de mantenimiento de altitud, como resultado, cuando llegó el comando de liberación, MINERVA fue liberado mientras la sonda ascendía y a una altitud mayor de la prevista, de modo que escapó de la atracción gravitacional de Itokawa terminando en el espacio.





Hayabusa aterrizó en el asteroide el 19-11-2005, hubo una confusión durante y después de la maniobra acerca de que si había sucedido porque la antena de alta ganancia no se pudo usar durante la fase final y durante el traspaso de la antena de la estación terrestre de NASA-DSN a la Estación de JAXA-Usuda.

Inicialmente se informó que Hayabusa se había detenido aproximadamente a 10 m de la superficie, flotando durante 30 min por razones desconocidas, el control de tierra envió un comando para abortar y ascender, y cuando se recuperó la comunicación, la sonda se había alejado 100 Km del asteroide entrando en modo seguro y girando lentamente para estabilizar el control de actitud. Sin embargo, después de recuperar el control y la comunicación con la sonda, los datos del intento de aterrizaje fueron descargados y analizados, el 23-11-2005, JAXA anunció que la sonda había aterrizado en la superficie del asteroide; desafortunadamente, la secuencia de muestreo no se activó porque un sensor detectó un obstáculo durante el descenso; la sonda intentó abortar el aterrizaje, pero dado que su orientación no era apropiada para el ascenso, eligió en cambio un modo de descenso seguro, este modo no permitió que se tomara una muestra, existiendo una alta probabilidad de que algo de polvo se hubiera arremolinado hacia el dispositivo de muestreo cuando tocó la superficie, por lo que el recipiente de muestras estaba sellado, el 25-11-2005 se realizó un segundo intento de pasada, inicialmente se pensó que esta vez, el dispositivo de muestreo estaba activado; sin embargo, un análisis posterior decidió que probablemente se trataba de otra falla y debido a una fuga en el sistema de propulsión, la sonda se puso en modo de retención segura.

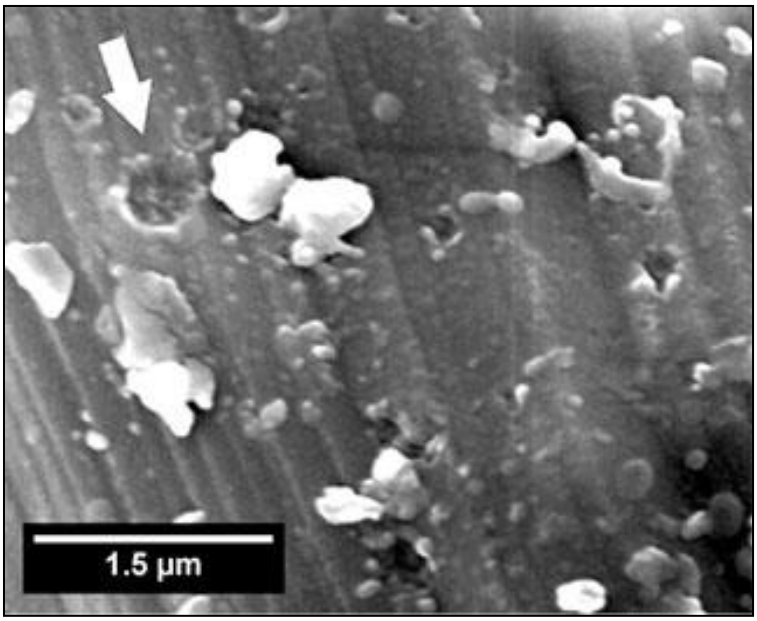
El control de la misión trabajaba para resolver el problema antes de la próxima ventana de lanzamiento de la nave para su retorno a la Tierra, el 2-12-2005, se intentó una corrección de actitud, pero el propulsor no generó suficiente fuerza, se descubrió que el eje Z de la sonda estaba entre 20 y 30° de la dirección del Sol y estaba aumentando, como medida de emergencia, se activó el propulsor de Xenón de los motores de iones para corregir el giro, el control de actitud se corrigió lo suficiente para recuperar la comunicación a través de la antena de media ganancia; como resultado del análisis de la telemetría, se encontró que existía una posibilidad de que el proyectil muestreador no hubiera penetrado cuando aterrizó el 25-11-2005 debido al corte de energía, los datos del registro telemétrico eran defectuosos, el 6-12 la nave se hallaba a 550 Km del asteroide.

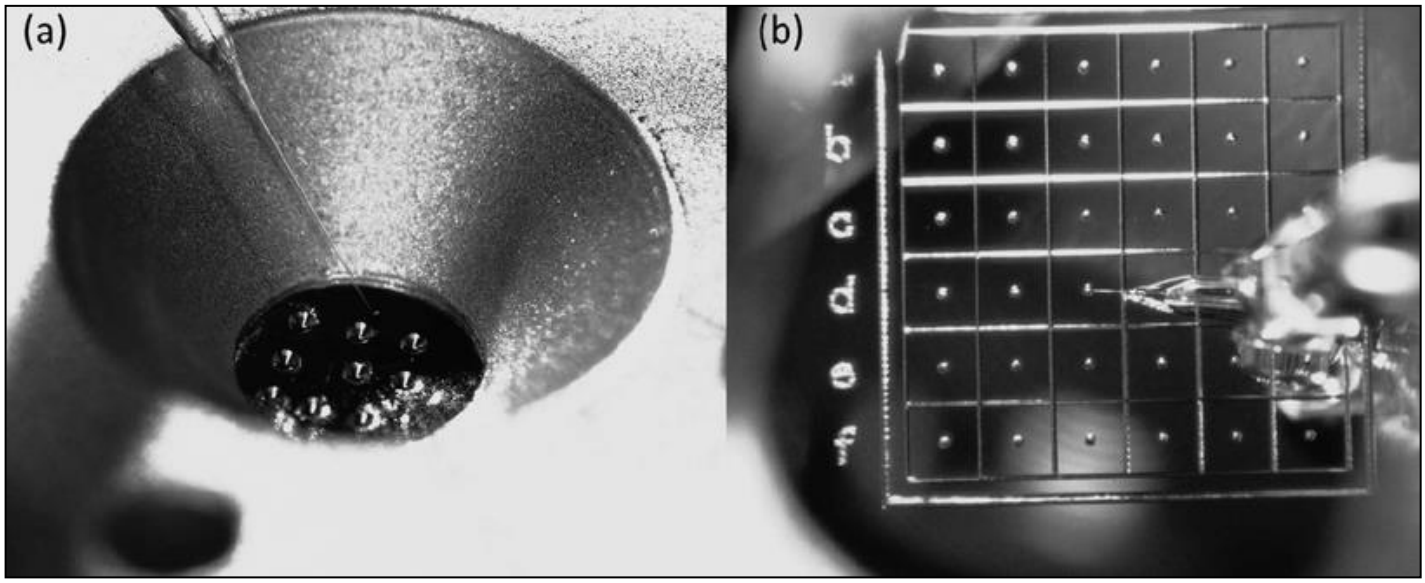
El 8-12-2005 se observó un repentino cambio de orientación y se perdió la comunicación, se pensó que probablemente la turbulencia fue causada por la evaporación de 8 o 10 cc de combustible derramado, obligando a esperar uno o dos meses a que Hayabusa se estabilizara mediante la conversión de la precesión en rotación pura, después de lo cual el eje de rotación debía dirigirse hacia el Sol y la Tierra dentro de un rango angular específico.

Después de superar varios problemas técnicos graves y un retraso de tres años en su viaje de ida y vuelta, la cápsula de retorno de muestras de Hayabusa se separó de la nave 3 hrs antes de llegar a la Tierra y aterrizando por medio de paracaídas en el Woomera Test Range, Australia el 13-06-2010.

El 16-11-2010, JAXA confirmó que las pequeñas partículas dentro del contenedor de retorno de muestras de Hayabusa eran del asteroide Itokawa, basado en los resultados de las observaciones del microscopio de barrido electrónico y de análisis de muestras que se recolectaron con una espátula especial del compartimento recolector de muestras, se identificaron alrededor de 1500 granos como partículas rocosas, su tamaño eran inferiores a 10 µm y el manejo de estos granos requería de habilidades y técnicas muy especiales.

El 28-02-2020 Mineralogistas de la Friedrich Schiller Universität (FSU) de Jena, Alemania y de Japón descubrieron un fenómeno previamente desconocido en las muestras del asteroide, la superficie está cubierta con diminutos cristales de hierro en forma de cabello, estas estructuras son la consecuencia de influencias cósmicas en la superficie del asteroide, además de las rocas, las partículas de alta energía del viento solar también golpean la superficie del asteroide, erosionándolo, un componente importante del asteroide es el mineral troilita, en el que se unen hierro y azufre, como resultado de la meteorización espacial, el hierro se libera de la troilita y se deposita en la superficie en forma de agujas que ahora se han descubierto, contaba el mineralogista Langenhorst.





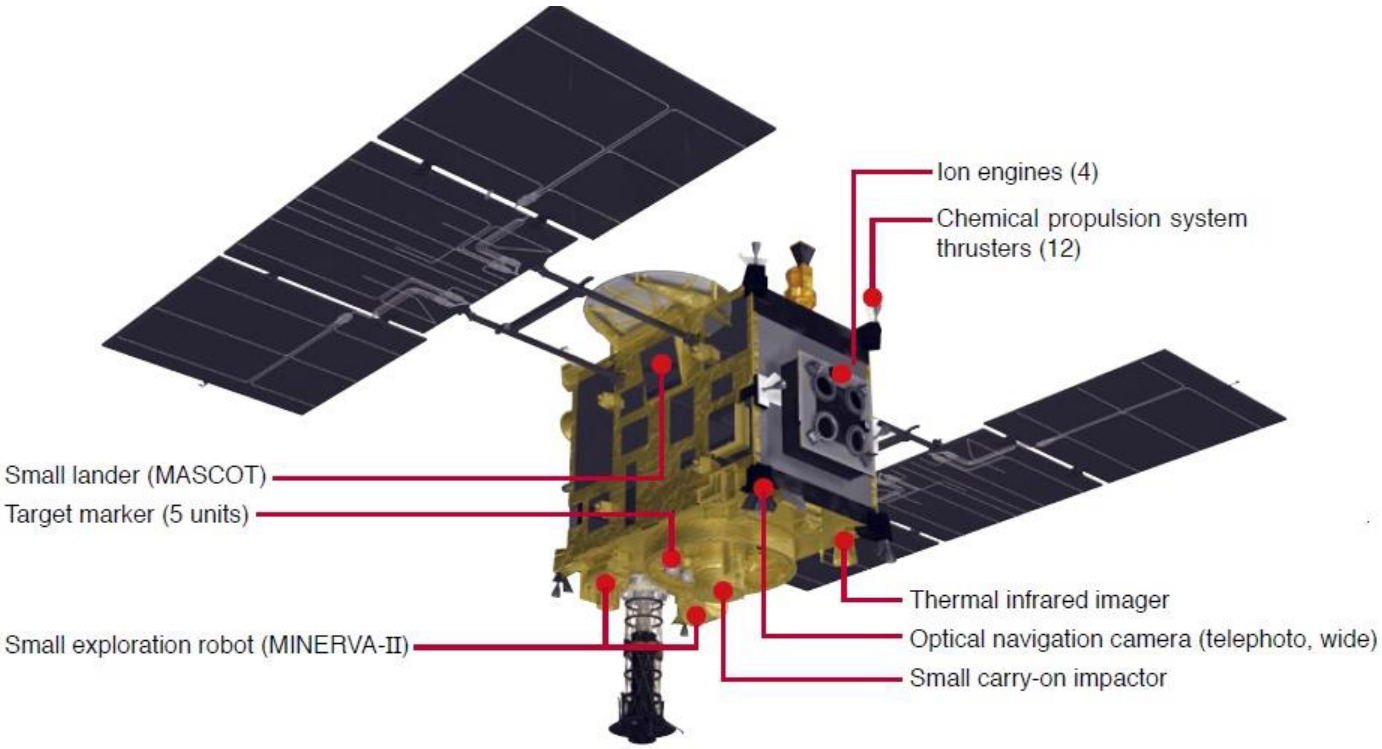
Misión Hayabusa-2 - Asteroide Ryugu

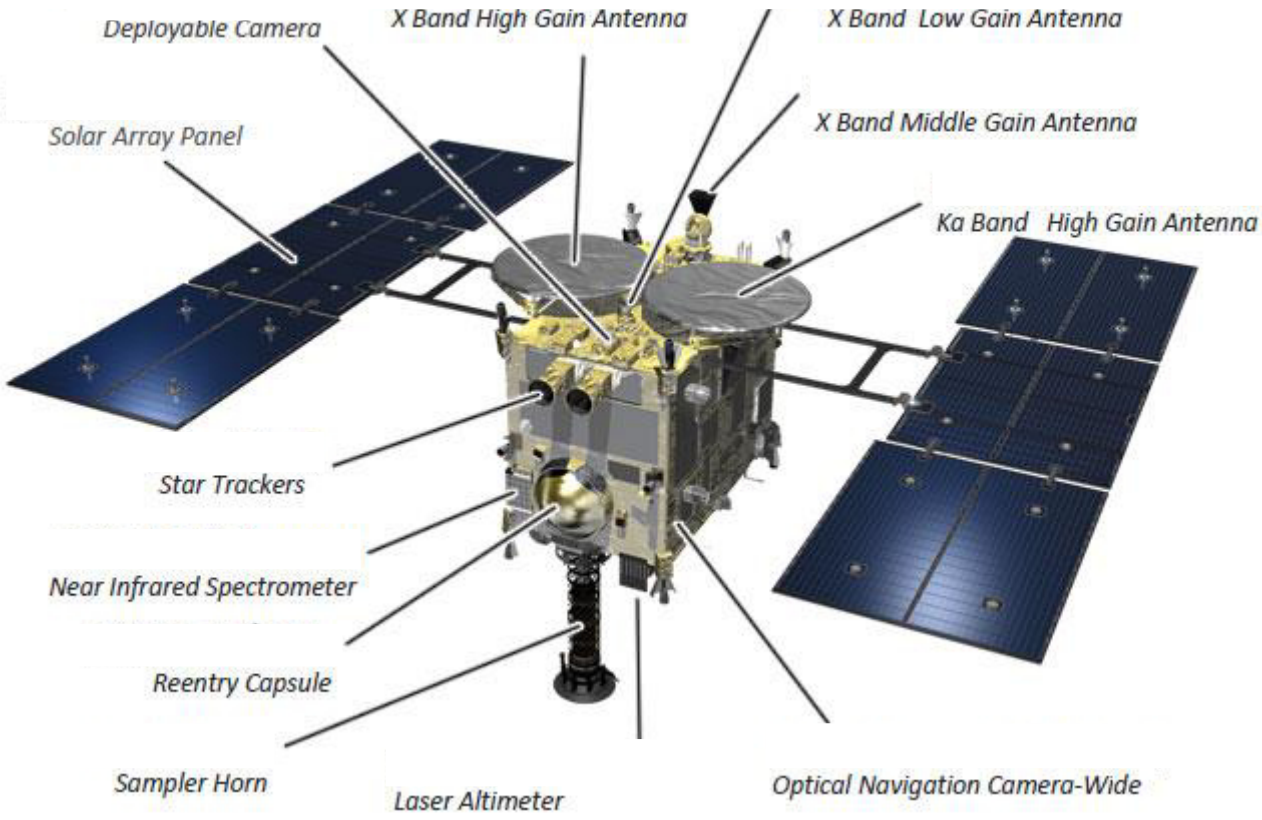
La misión Hayabusa-2 se propuso en 2006, en esta primera propuesta, la nave era casi la misma que la de la misión Hayabusa con destino al asteroide Itokawa, porque el equipo del proyecto quería ponerla en marcha lo antes posible; el equipo se dio cuenta de que las partes donde ocurrieron problemas en Hayabusa tenían que modificarse, pero no hubo cambios importantes.

Las ventanas de lanzamiento fueron en 2010 y 2011; JAXA no pudo iniciar la misión inmediatamente porque no había presupuesto disponible, perdiéndose la oportunidad de lanzamiento, el proyecto se fue retrasando por varios años, dándole la posibilidad de agregar nuevos instrumentos, como una antena de banda Ka y el impactador, la misión implicó colaboraciones internacionales con la DLR de Alemania, NASA de Estados Unidos, CNES de Francia y la Agencia Espacial de Australia

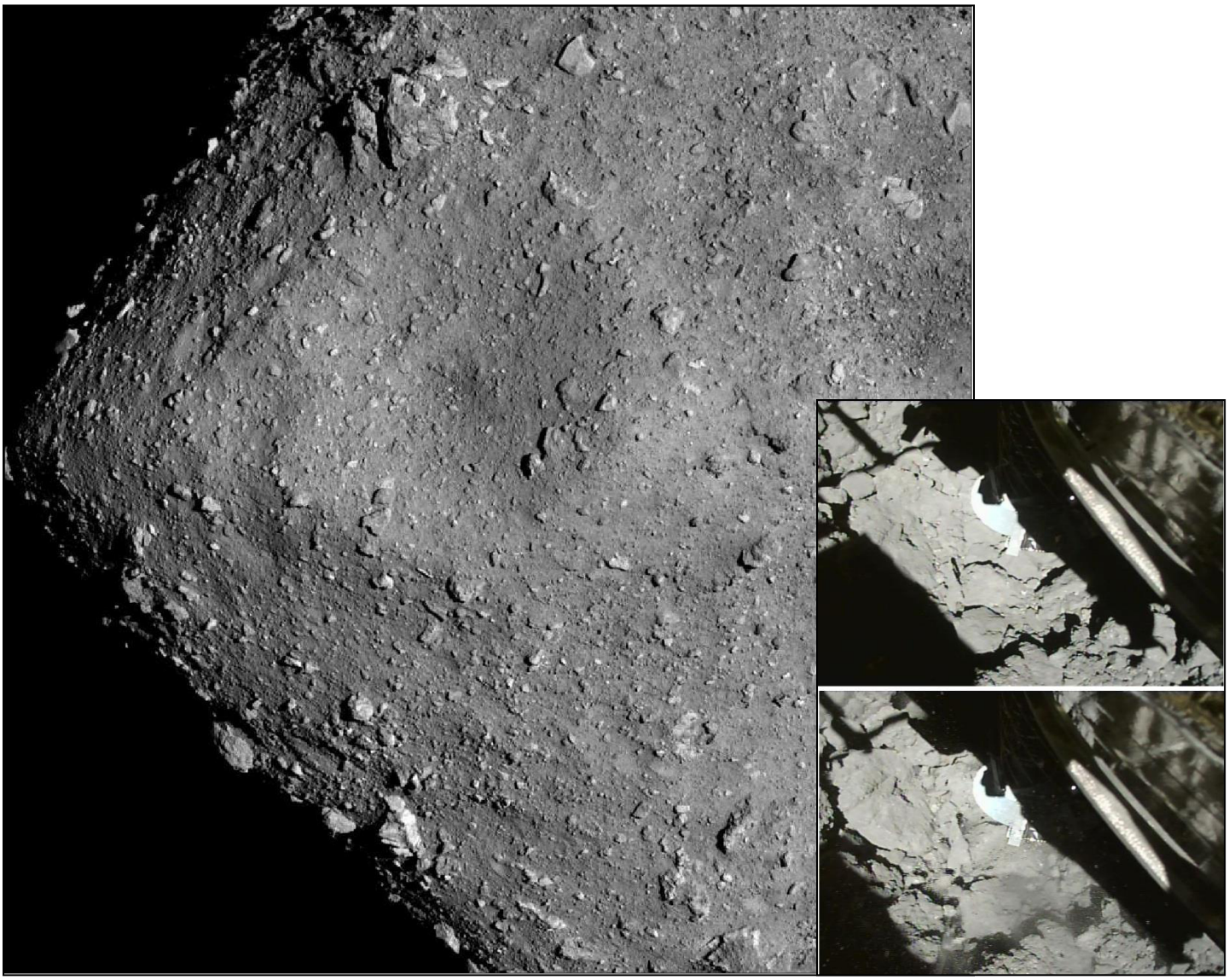
La nave estaba diseñada para estudiar el asteroide Ryugu desde múltiples ángulos, utilizando instrumentos de detección remota, un módulo de aterrizaje y un rover, la configuración es básicamente la misma que la de Hayabusa, con modificaciones de algunas partes al introducir tecnologías novedosas que evolucionaron después, también llevaba un sistema de propulsión iónica (IES), que se modificó para tener en cuenta el efecto de envejecimiento durante períodos de soporte prolongados, el empuje del IES se incrementó en un 25%, utilizando el mismo sistema de motor de iones de descarga de microondas de Xenon, permitiéndole al motor realizar el viaje de ida y vuelta con solo una décima parte del consumo de energía en comparación con el propulsor químico.

Fue lanzada el 3-12-2014 desde el Centro Espacial Tanegashima, Japón a bordo de un cohete H-IIA, 1:47 hrs después del despegue, se confirmó la separación de la nave Hayabusa-2 en una trayectoria de escape terrestre.


Ion engines (4)
Chemical propulsion system thrusters (12)
Small lander (MASCOT)
Target marker (5 units)
Small exploration robot (MINERVA-II)
Thermal infrared imager
Optical navigation camera (telephoto, wide)
Small carry-on impactor

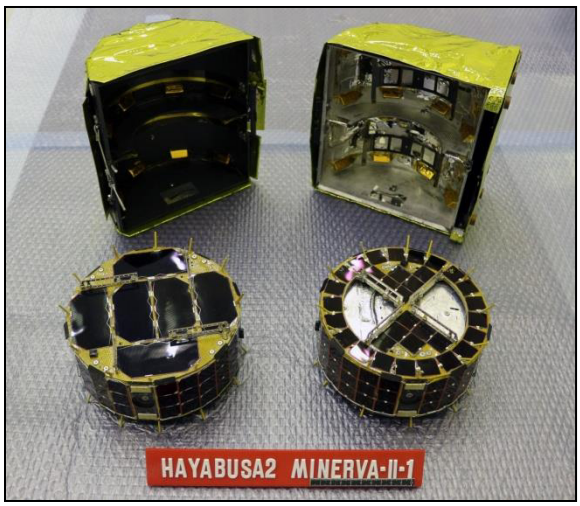

Deployable Camera
X Band High Gain Antenna
X Band Low Gain Antenna
Solar Array Panel
X Band Middle Gain Antenna
Ka Band High Gain Antenna
Star Trackers
Near Infrared Spectrometer
Reentry Capsule
Sampler Horn
Laser Altimeter
Optical Navigation Camera-Wide

El aterrizaje estaba destinado a recolectar materiales prístinos debajo de la superficie del asteroide que podrían proporcionar información sobre cómo era el Sistema Solar en sus primeras etapas de su formación, hace unos 4600 millones de años, para llegar a esos materiales cruciales, se disparó un impactador desde Hayabusa-2 hacia Ryugu en un proceso arriesgado que creó un cráter en la superficie del asteroide y removió material que no había estado previamente expuesto a la atmósfera, la primera vez fue en febrero de 2019, cuando aterrizó brevemente y disparó el impactador a la superficie para levantar polvo y recogerlo, antes de regresar a su posición de espera; el segundo aterrizaje requirió preparativos especiales porque cualquier problema podría significar que la sonda perdería los materiales ya reunidos durante su primer aterrizaje; el 5-04-2019, se separaba el impactador SCI (Small Carry-on Impactor) que se encontraba a bordo de Hayabusa-2 para su despliegue en Ryugu, éste fue lanzado desde la nave llevando una carga explosiva plástica que disparó un proyectil de cobre de 2.5 Kg en la superficie del asteroide a una velocidad de alrededor de 7 Km/h, el objetivo de impactar a Ryugu con un proyectil SCI de 13 cm era recuperar una muestra del material del subsuelo, brindando una buena oportunidad para estudiar los procesos de renovación de la superficie que resultan de un impacto que ocurre en un asteroide con una gravedad superficial de 10^{-5} de la gravedad de la Tierra, el SCI logró formar un cráter de impacto con un diámetro de 14,5 m y la muestra de superficie se recuperó.

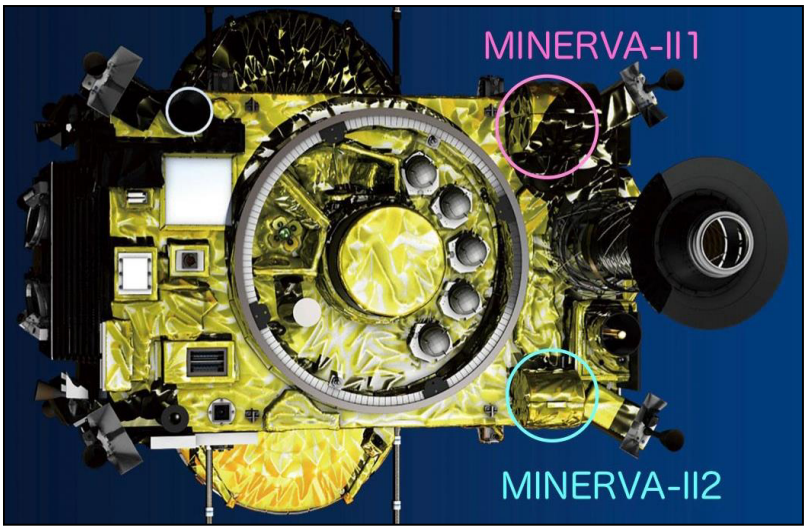


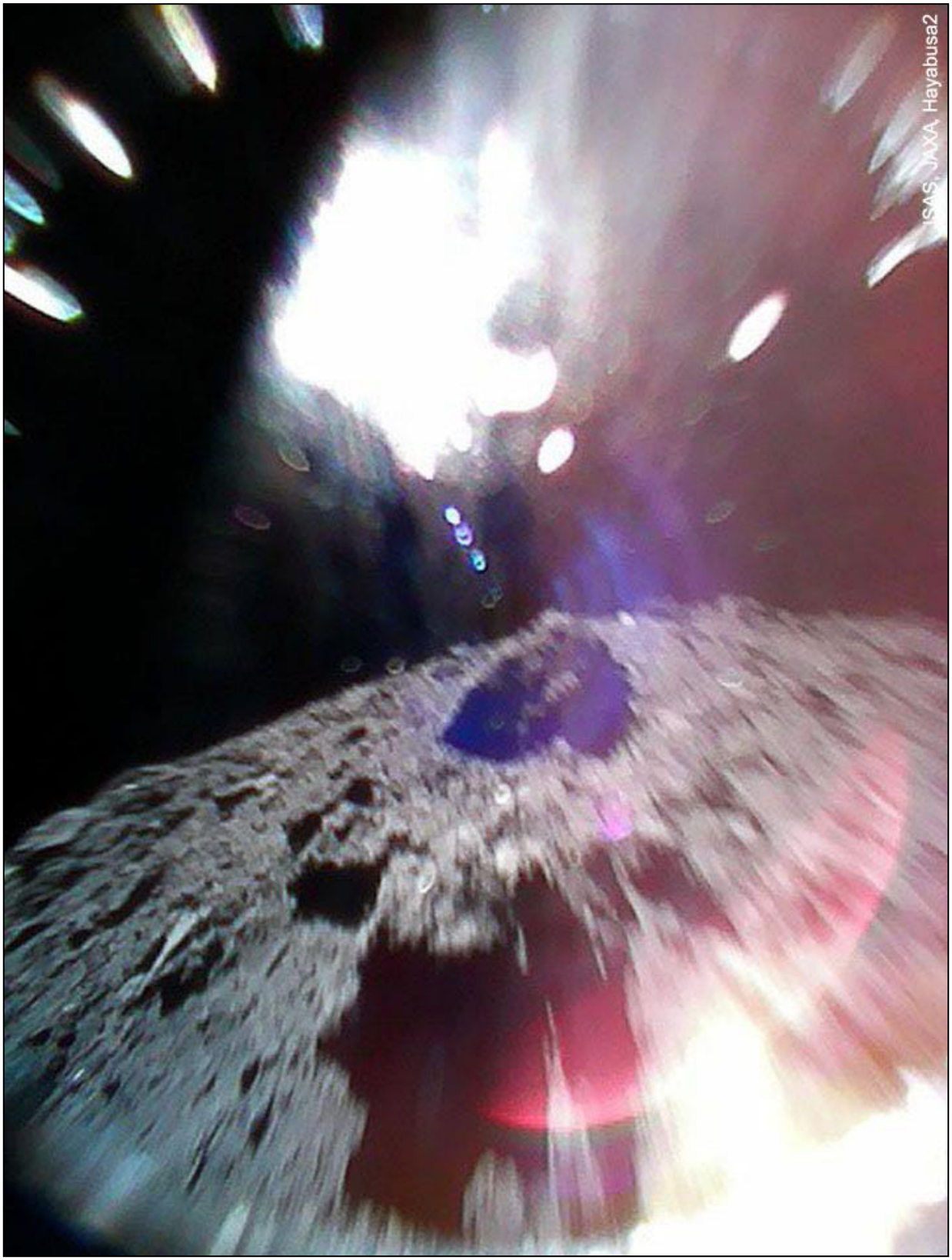
MINERVA-II

Hayabusa-2 llevaba tres pequeños rovers MINERVA-II en total, y se movían por la superficie del asteroide saltando, el MINERVA-II-1 que se separa en dos (A y B), de 17 x 7 cm; peso de 1,15 Kg (Rover-1A); 1,129 Kg (Rover-1B) llevan una computadora de a bordo, Solenoide, motor de 1 CC, fuente de alimentación; células solares que generan 2 W; telemetría de 32 Kb/s (máx.); termómetros, giroscopio, acelerómetro, 4 cámaras (Rover-1A); 3 cámaras (Rover-1B) los rovers tenían sistemas móviles de salto para explorar la superficie después del despliegue.



Los rovers MINERVA-II-1, Rover-1A (HIBOU) y Rover-1B (OWL), fueron desplegados desde la nave espacial a una altitud de 55 m el 21-09-1018, se ejecutó un ΔV horizontal de 0.2 m/s justo antes de la separación para compensar la rápida velocidad de expulsión de los rovers, asegurando que no excedan la velocidad de escape de Ryugu, la precisión de la guía relativa al terreno en el lanzamiento fue de 3,3 m, se confirmó que estaban activos inmediatamente después del despliegue, Hayabusa-2 recibió algunas imágenes capturadas por las cámaras, en el día 4 en el asteroide, se confirmó que Rover-1A realizaba algunos saltos autónomos, y en el día 7 Rover-1B hacía lo mismo, la telemetría decodificable final se recibió en el día 11 para Rover-1A y en el día 10 para Rover-1B, la señal del Rover-1B se recibió con éxito nuevamente el 2-08-2019 durante unos 10 minutos en un lugar bastante distante del punto de aterrizaje original, indicando que el rover había actuado en la superficie de Ryugu durante más de 10 meses, los pines de los rovers servían para aumentar la fricción al saltar, proteger las células solares durante el aterrizaje y para estudiar la temperatura de la superficie.

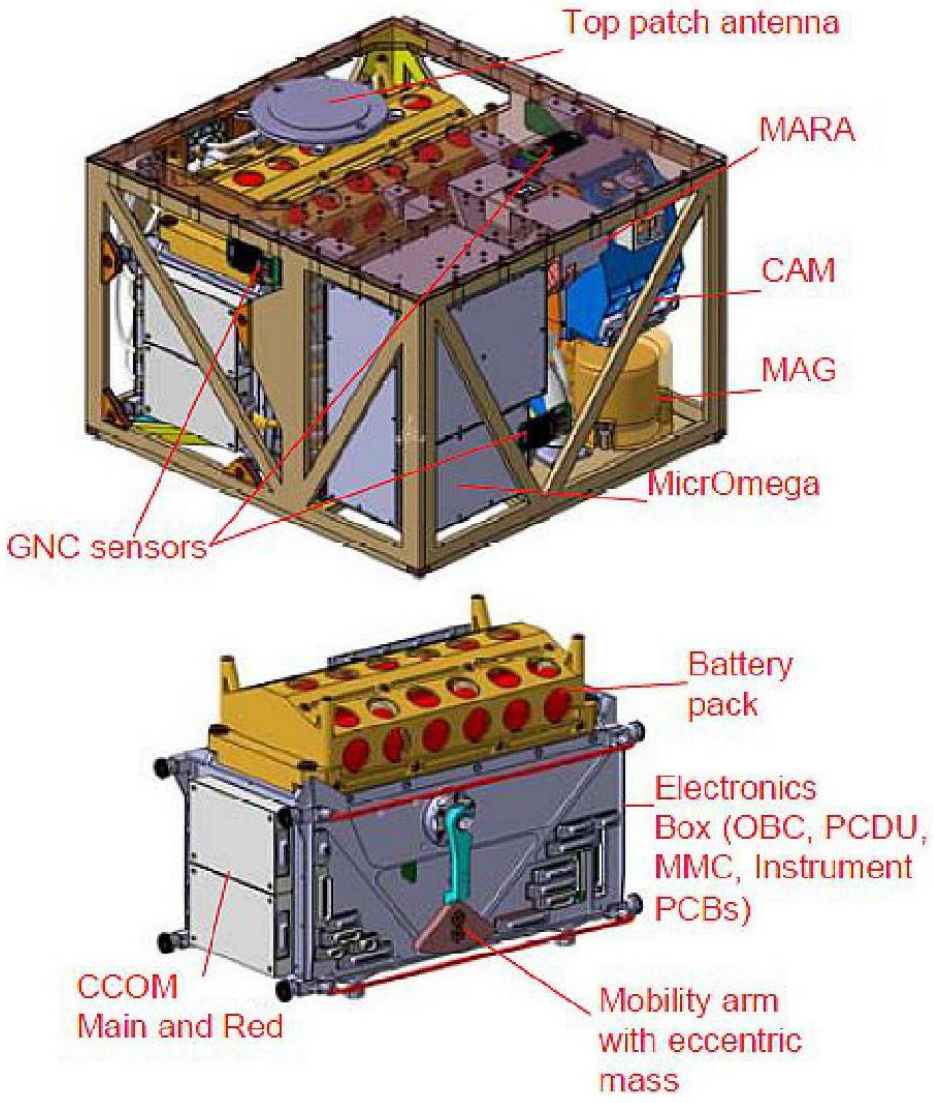



ISAS, JAXA Hayabusa2

MASCOT (Mobile Asteroid Surface Scout)

Creado por la Agencia Espacial de Alemania (DLR) es un módulo de aterrizaje de 0,3 x 0,3 x 0,2 m^3 de volumen con una carga útil de 3 Kg, y que en su totalidad tiene un peso de 11 Kg; lleva una única fuente de energía (de 220 Wh) que le permite aproximadamente 12 hrs de duración de la misión; el diseño de la línea de base de MASCOT presenta una estructura compuesta de fibra de Carbono altamente integrada con una pared intermedia como elemento principal de carga, los componentes electrónicos van alojados en una caja de electrónica común, llamada E-box, está conectado con la nave Hayabusa-2 a través de una estructura de soporte mecánico y electrónico, que comprende el Mecanismo de liberación de precarga (PRM) y el dispositivo de separación, un conector umbilical suministra la energía durante la fase de crucero.

El concepto de control térmico se basa principalmente en medios pasivos y recubrimientos de color, y se basa también en un ciclo de día/noche en la superficie del asteroide para equilibrar la acumulación de carga de calor (restricción que impulsa la selección del sitio de aterrizaje) una excepción al concepto pasivo son los calentadores que son controlados desde la nave principal, utilizados para el control térmico de baterías y MicrOmega durante la fase de crucero y puesta en marcha.



El concepto general de MASCOT era el de proporcionar un pequeño sistema de aterrizaje destinado a ser desplegado en una misión de retorno de muestras de asteroides. MASCOT fue diseñado específicamente para ser compatible con la nave espacial Hayabusa-2 y el entorno proporcionado por el asteroide Ryugu sirve para cumplir con los objetivos científicos de observaciones in situ de materiales inalterados y a escala microscópica (no posibles desde Hayabusa-2) para determinar la estructura, textura y composición del regolito del asteroide, propiedades magnéticas medidas durante el descenso, maniobras de salto y en la superficie en más de un sitio, temperaturas de la rotación de un asteroide y propiedades térmicas en más de un sitio, ayudar a la selección de los lugares de muestreo por parte de la nave principal.

El Centro Aeroespacial Alemán (DLR) está contribuyó con la MASCOT Camera (MasCam) para las primeras imágenes durante el descenso y destinada a investigar el área alrededor del lugar de aterrizaje, además de la fina estructura de la superficie, también proporcionaba el radiómetro MARA, para medir la temperatura superficial, entre otras cosas; la Universidad Técnica de Braunschweig utilizó el magnetómetro MasMag para investigar la magnetización del asteroide, mientras que la CNES (Francia) analizó los minerales y rocas en Ryugu utilizando el espectrómetro MicrOmega.

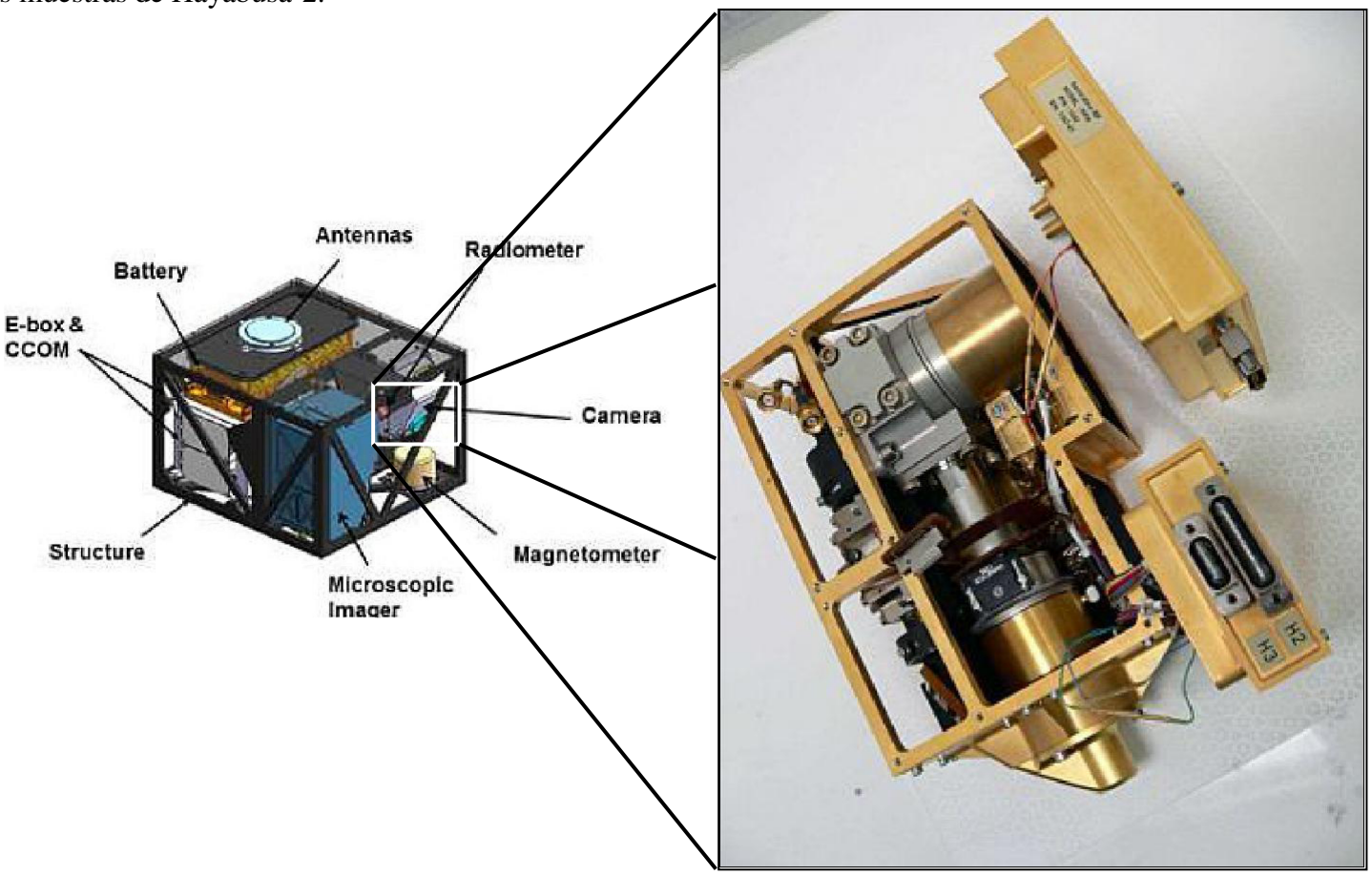
La energía y el suministro de energía se mantienen mediante una batería primaria, proporcionada por la empresa SAFT (Francia), basada en un desarrollo anterior para el lander Philae (cometa 67/P Chyurumov-Gerasimenko) el voltaje del bus no regulado se convierte en voltajes auxiliares para la electrónica MASCOT mediante una unidad de distribución y control de energía interna ubicada en el compartimento de electrónica, durante la fase de crucero y puesta en servicio, la energía era suministrada por la nave Hayabusa-2 a través de una línea eléctrica regulada. .

Los sensores de guía y navegación (GNC) se utilizaron para determinar el estado de movimiento de MASCOT y la orientación en la superficie del asteroide, constan de sensores ópticos de posición (utilizando un LED IR y un fotodiodo) sensores ópticos de distancia montados en la parte exterior de MASCOT en cada lado, excepto el lado nominal en contacto con la superficie, con estos sensores es posible detectar si MASCOT se está moviendo o está quieto y la distancia al suelo.

La computadora a bordo era redundante compuesta por 2 placas de CPU (CPU-M, CPU-R) para ejecutar el software a bordo y 2 placas de E/S (IOM-M, IOM-R) para proporcionar interfaces con todos los subsistemas MASCOT, las 4 placas de circuito impreso se alojan en la caja electrónica, las dos placas del CPU funcionan en redundancia fría, mientras que las placas de E/S funcionan en redundancia cálida, unidas con las placas de CPU a través de enlaces SpaceWire, cada placa de E/S es tolerante a la radiación, la placa de E/S también contiene el dispositivo de memoria masiva NAND Flash, los circuitos de la sección analógica, los transceptores RS422, los transceptores SpaceWire y otros controladores/receptores de interfaz necesarios para las interfaces externa.

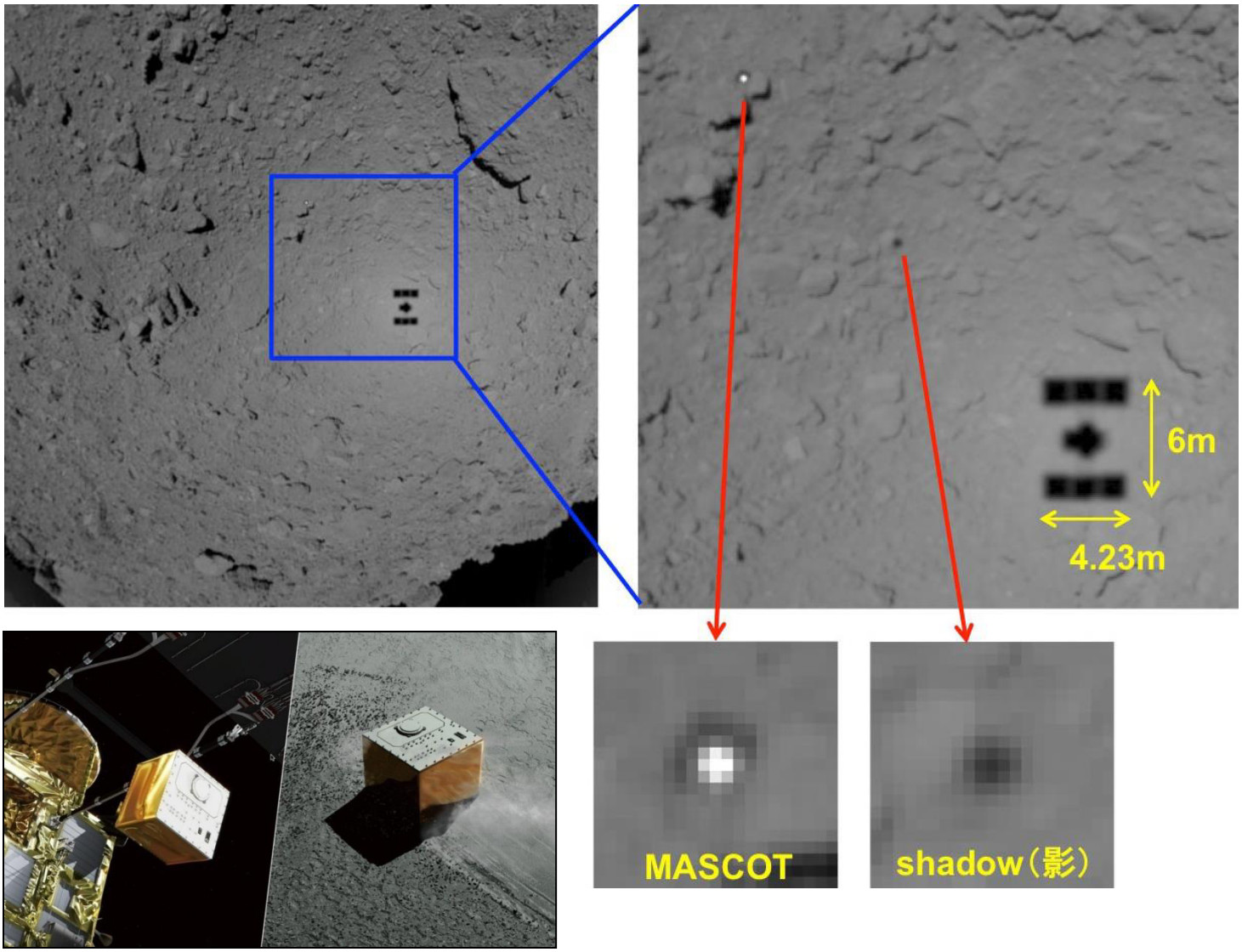
La carga útil constaba de un conjunto de instrumentos que encajaban en el compartimento de carga útil de la estructura, cada instrumento llevaba su propia unidad electrónica que proporcionaba el acondicionamiento de la señal a los sensores/detectores del instrumento y a los actuadores, convertía las medidas adquiridas a formato digital y las transmitía través de líneas seriales dedicadas, los instrumentos no estaban diseñados para ser tolerantes a fallas, excepto las líneas de datos, que estaban conectadas a las secciones principal y redundante.

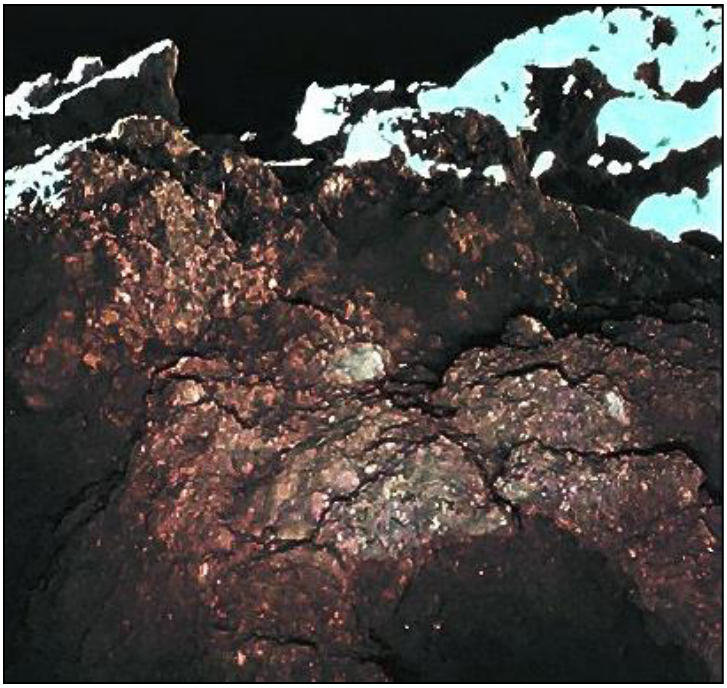
Como paquete de aterrizaje científico in situ, MASCOT aumentó las capacidades científicas de la misión Hayabusa-2 en tres niveles: mediante observaciones coordinadas y complementarias de los instrumentos a bordo de MASCOT, en la nave espacial principal y en combinación con el análisis de laboratorio de las muestras devueltas, el objetivo ers obtener un vínculo entre escalas con respecto a la ciencia de la superficie y el subsuelo, combinando los tres conjuntos de datos para obtener un conocimiento profundo del asteroide; pudo realizar investigaciones únicas de gran importancia científica, incluidas aquellas que solo puede hacer un paquete aterrizado, como la geofísica; mediciones directas in situ de los instrumentos también permitieron la caracterización analítica de la composición elemental, isotópica y molecular (orgánica y mineral) de la superficie y su material cercano a la superficie para muestras en su estado natural, como Ryugu es un asteroide de tipo C, la relevancia astrobiológica de tales mediciones era significativa; complementar la documentación visual al nivel de escala microscopica colocaría los resultados analíticos en el contexto de la configuración de la muestra. MASCOT investigó varias ubicaciones para determinar la homogeneidad y heterogeneidad estructural y composicional; al respaldar la tarea de Hayabusa-2 de obtener muestras relevantes para los objetivos científicos de alto nivel, MASCOT fue un vehículo de exploración para evaluar los sitios de muestreo candidatos antes de que se adquieran las muestras de Hayabusa-2.



El 3-10-2018, MASCOT en caída libre aterrizó en Ryugu, rebotó suavemente en un bloque grande, tocó el suelo unas 8 veces y luego se encontró en una posición de reposo desfavorable para las mediciones, después de ordenar y ejecutar una maniobra de corrección especialmente preparada, se detuvo por segunda vez, MASCOT se movía mediante la activación de un brazo oscilante de Tungsteno acelerado y desacelerado por un motor, esto hizo posible que MASCOT se reposicionara en el lado correcto o incluso realizara saltos a través de la superficie del asteroide; la atracción gravitacional en Ryugu es solo una 66.5 de la de la Tierra, por lo que el pequeño impulso proporcionado fue suficiente (innovación tecnológica para una forma inusual de movilidad en la superficie de un asteroide utilizada por primera vez en la historia de los viajes espaciales) en total, realizó experimentos durante aproximadamente 17 hrs.

En 2019, los resultados de la misión MASCOT mostraron que su lugar de aterrizaje en Ryugu estaba poblado principalmente por rocas grandes, muy porosas y frágiles, confirmando los resultados de los estudios realizados por el radiómetro MARA en MASCOT, demostrando que la roca analizada es típica de toda la superficie del asteroide y confirmando que los fragmentos de los asteroides comunes del tipo C como Ryugu probablemente se rompen fácilmente debido a la baja resistencia interna al entrar en la atmósfera terrestre.



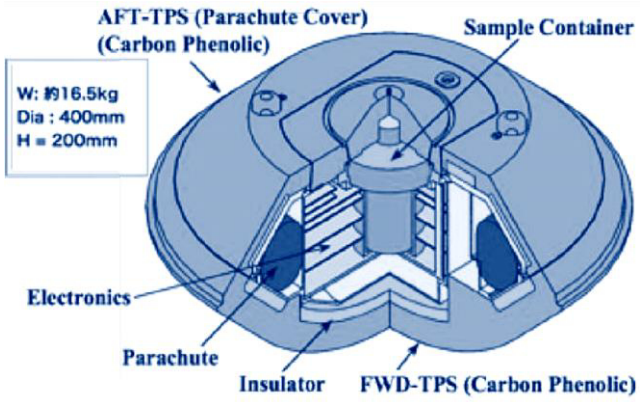


El centro de operaciones de MASCOT se ubicó en Colonia, Alemania, y se conectaba en línea al Sagamihara Space Operation Center (centro de operaciones de Hayabusa-2 en Japón), se preparó una cobertura continua de 24 hrs para cubrir todo el tiempo utilizando las estaciones terrestres del Centro de Espacio Profundo de Usuda, Japón; la Red de Espacio Profundo (DSN) de la NASA y la Estación ESTRACK de la ESA en Malargüe, Argentina; las operaciones de telemetría y comando se realizaron a través del componente de comunicación rover (OME-E) que realizaba una comunicación bidireccional simultánea con MASCOT y todos los rovers MINERVA-II.

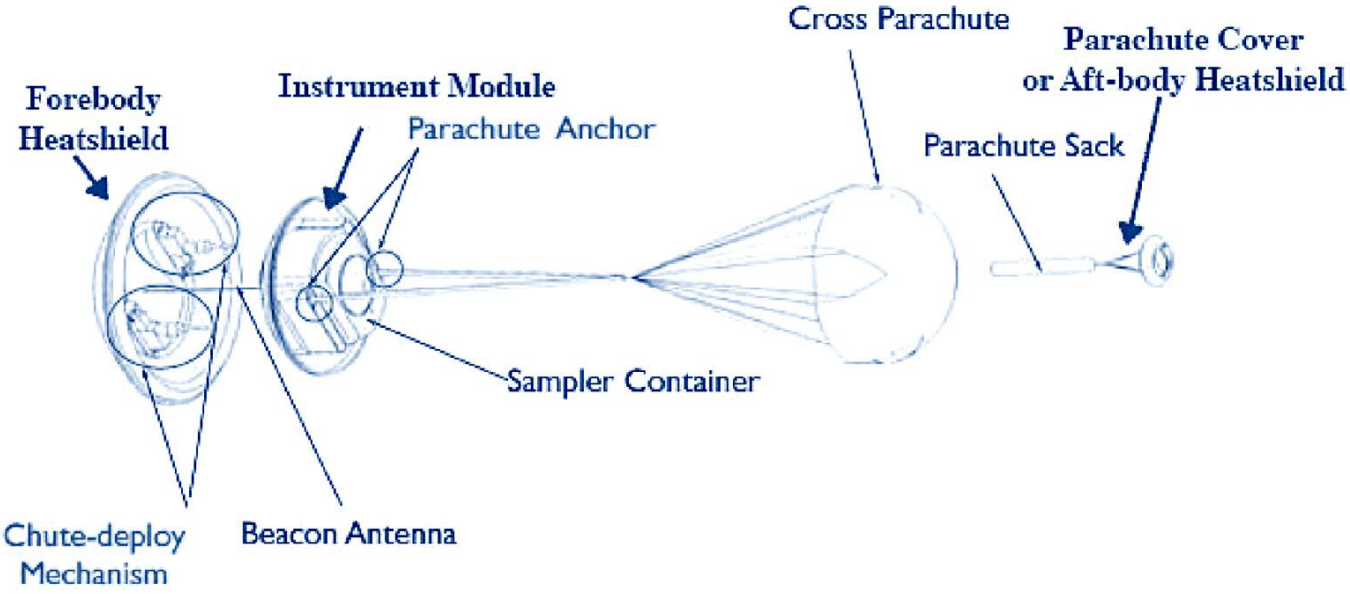
Estación ESTRACK, Malargüe, Argentina

Cápsula de retorno de muestras (SRC)

El concepto de diseño básico para la cápsula era no cambiar el diseño del anterior, excepto algunos elementos que durante más de 10 años desde el desarrollo de la cápsula, dejaron de producirse; muchas piezas electrónicas, como las que se utilizaban en los procesadores centrales del Módulo de Instrumentos eran necesarias rediseñar; el diseño debía mejorarse en base a la experiencia de la operación Hayabusa-1, incluyendo el empleo de una nueva telemetría para monitorear la precisión del reloj a bordo y un temporizador de respaldo para generar el disparador de despliegue del paracaídas en el caso de un mal funcionamiento del sensor de aceleración.



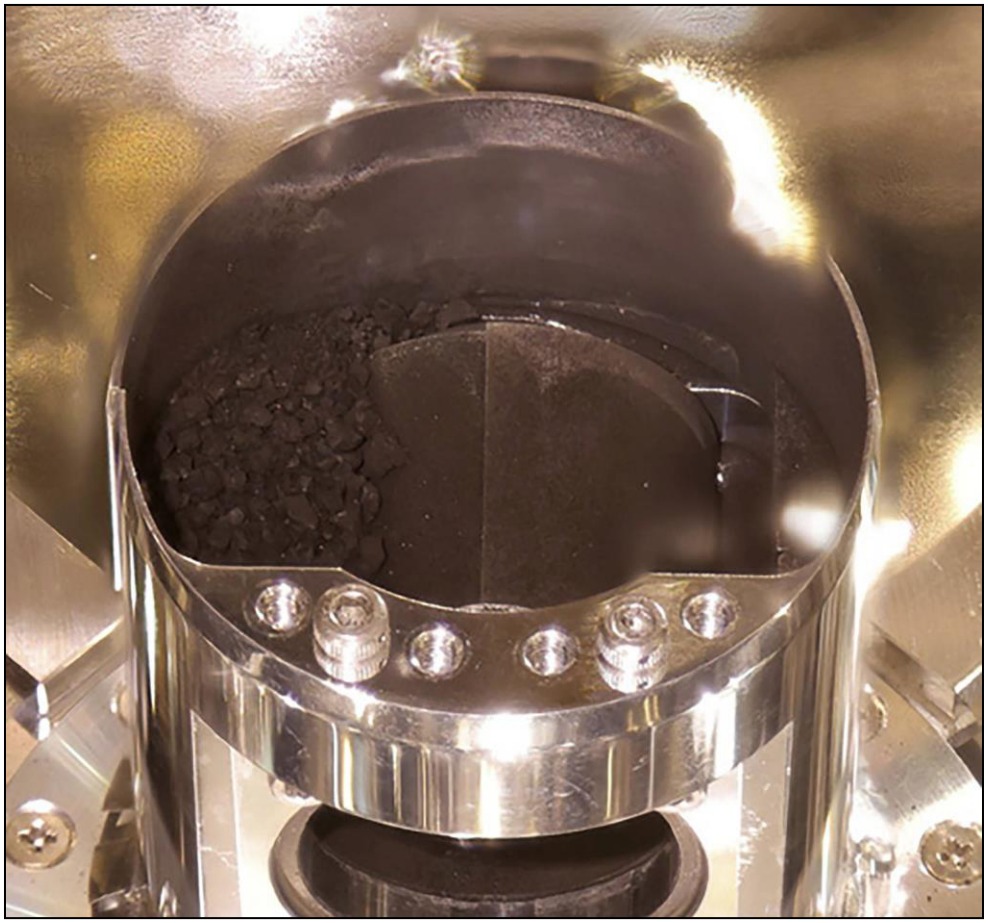
Los elementos evaluados por su diseño debían mejorarse para garantizar una mayor confiabilidad basada en el resultado de la revisión del diseño, incluida la evaluación del análisis de confiabilidad, incluyendo un cambio en el diseño de un circuito de encendido, el fortalecimiento del extractor utilizado para el mecanismo de separación y la adopción de una junta tórica adicional para evitar la entrada de gas a alta temperatura durante la reentrada; para proteger los instrumentos internos del ambiente de calentamiento aerodinámico, a la cápsula se la envolvía con un ablador hecho de resina fenólica de Carbono, el ablador constaba de cuatro partes; el ablador del cuerpo anterior, de popa, soporte y ablador del muestreador, el Módulo de Instrumentos arrojaba el ablador anterior y el ablador trasero después de atravesar el entorno aerodinámico excesivamente severo, luego de la separación de los ablatores, el Módulo de Instrumentos conectada a un paracaídas comenzaba a descender lentamente, el sistema de descenso constaba de un paracaídas tipo cruz, el mecanismo de despliegue del paracaídas y el circuito de encendido; el Módulo de Instrumentos también estaba equipado con el mecanismo de liberación del ancla del paracaídas para evitar que se rompa debido al arrastre de los fuertes vientos de tierra después del aterrizaje, sacaba la antena de baliza que permanecía colgada de la parte inferior en el momento del despliegue del paracaídas y comenzaba a transmitir la señal para la localización desde las estaciones terrestres, transmitiendo incluso después de que el módulo de instrumentos aterrizara en el suelo de acuerdo con la secuencia prescrita.



El 10-08-2020, se informó a JAXA que el Gobierno de Australia emitió la Autorización de Retorno de un Objeto Espacial Lanzado en el Extranjero (AROLSO) para la cápsula de reingreso de Hayabusa-2; el 5-12-2020, Hayabusa-2 dejó caer la cápsula de muestras desde unos 200 Km sobre la superficie terrestre y entró en la atmósfera en ruta hacia el lugar de aterrizaje creando una bola de fuego similar a una estrella fugaz, unas horas más tarde (con la ayuda de las balizas emitidas por la cápsula) JAXA confirmando que las muestras habían sido recuperadas.

El resultado de la espectrometría de masas del gas recolectado dentro del contenedorestudiado en el Centro de Woomera sugirió que el gas difería de la composición atmosférica terrestre, para una confirmación adicional, se realizó un análisis similar el 10 y 11-12 en el Centro de Curación de Muestras Extraterrestres en el Centro espacial Sagamihara (JAXA) dando el mismo resultado.

El recipiente de la muestra se selló con un sello metálico de Aluminio y el estado del recipiente estaba diseñado de manera que la inclusión de la atmósfera terrestre se mantenía muy por debajo del nivel permisible durante la misión, dado que se confirmó en Sagamihara que se había generado gas de la misma composición incluso después de la eliminación del gas del contenedor en Woomera, se considera que el gas recolectado debe deberse a la desgasificación de la muestra (es el primer retorno de muestras de un material en estado gaseoso desde el espacio profundo), los científicos están especialmente interesados en descubrir si las muestras contienen materia orgánica, lo que podría haber ayudado a sembrar la vida en la Tierra.



Misión Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification y Security-Regolith Explorer (OSIRIS-Rex)

Derivada de las misiones MRO (Mars Reconnaissance Orbiter) y MAVEN (Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN) y aprovechando los componentes clave del diseño de esas misiones, los subsistemas redundantes y el hardware de alto rendimiento permitieron la flexibilidad en el desarrollo y durante las operaciones de vuelo de la nave; está compuesta por el bus (que incluye la estructura y todos los componentes del subsistema para controlar y operar el vehículo) el TAGSAM (Mecanismo de adquisición de muestras), la cápsula de retorno de muestras y cinco instrumentos científicos.

Los objetivos de la misión eran los de retornar a la Tierra una muestra de regolito del asteroide carbonáceo en una cantidad suficiente para estudiar la naturaleza, historia y distribución de sus minerales constituyentes y material orgánico (si lo tuviera); mapear las propiedades globales, química y mineralogía del asteroide para caracterizar su historia geológica, dinámica y proporcionar contexto para las muestras retornadas; documentar la textura, morfología, geoquímica y propiedades espectrales del regolito en el sitio de muestreo in situ a escalas hasta submilimétricas; caracterizar las propiedades globales integradas de un asteroide carbonáceo primitivo para permitir la comparación directa con datos telescópicos terrestres de toda la población de asteroides; medir la desviación de la órbita causada por fuerzas no gravitacionales; determinar el efecto Yarkovsky en un asteroide potencialmente peligroso (factor en las órbitas de los asteroides que pueden representar una amenaza para la Tierra) y limitar las propiedades del asteroide que contribuyen a este efecto.

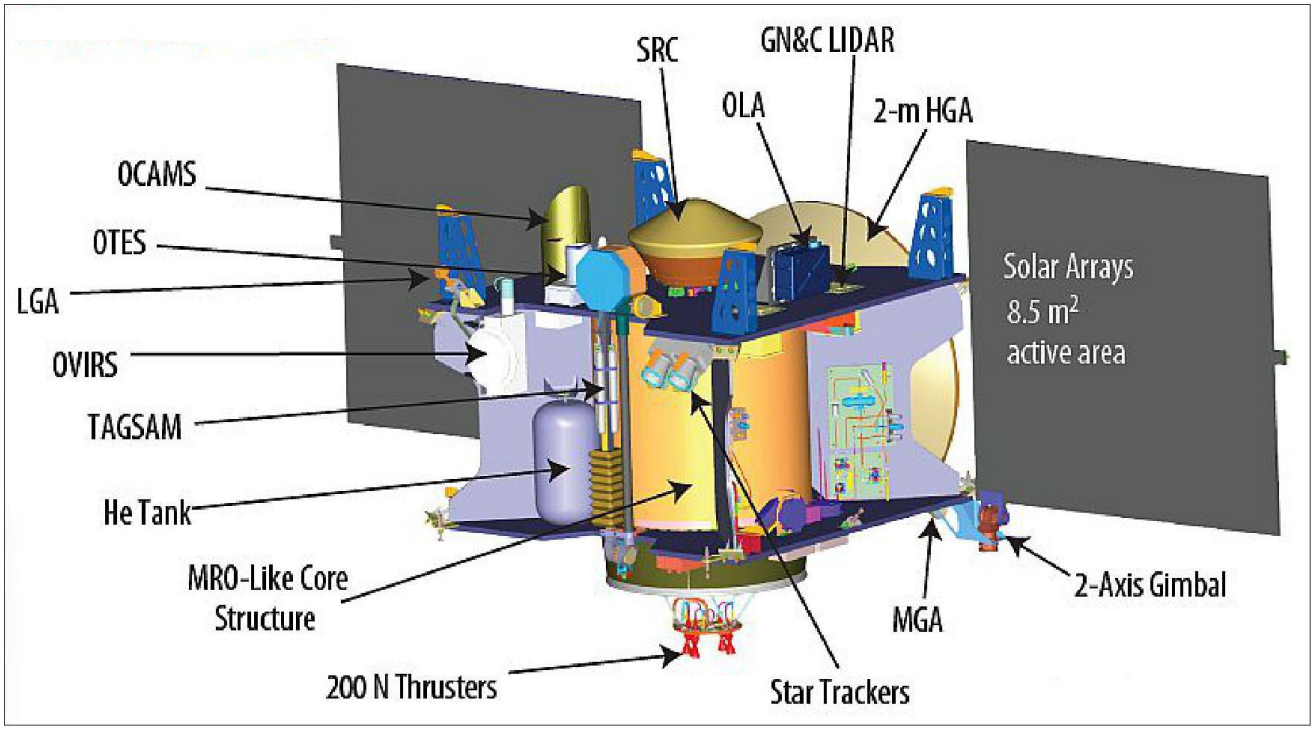
El subsistema de energía eléctrica incluía dos paneles solares rígidos, cardán alrededor de los ejes Y y Z de la nave, además, se utilizaban dos baterías para maniobras fuera del Sol, incluida la fase crítica de la misión TAG; el subsistema de propulsión era un sistema monopropelente tolerante a fallas de Aerojet Rocketdyne, incluía motores principales, propulsores de maniobra de corrección de trayectoria, propulsores del sistema de control de actitud, propulsores de baja potencia y conjuntos de motores de reacción de empuje.

Utilizaba comunicaciones de Banda X, con una antena de alta ganancia probada en la misión MAVEN y un amplificador de tubo de onda viajera tradicional (probado en la misión MRO) para el enlace descendente de alta velocidad de datos de ciencia, durante la fase de misión TAG, utilizó una antena de media ganancia, también llevaba dos antenas de baja ganancia disponibles para la misión TAG y utilizadas también para comandos de enlace descendente y ascendente de datos de ingeniería nominales (y en modo seguro).

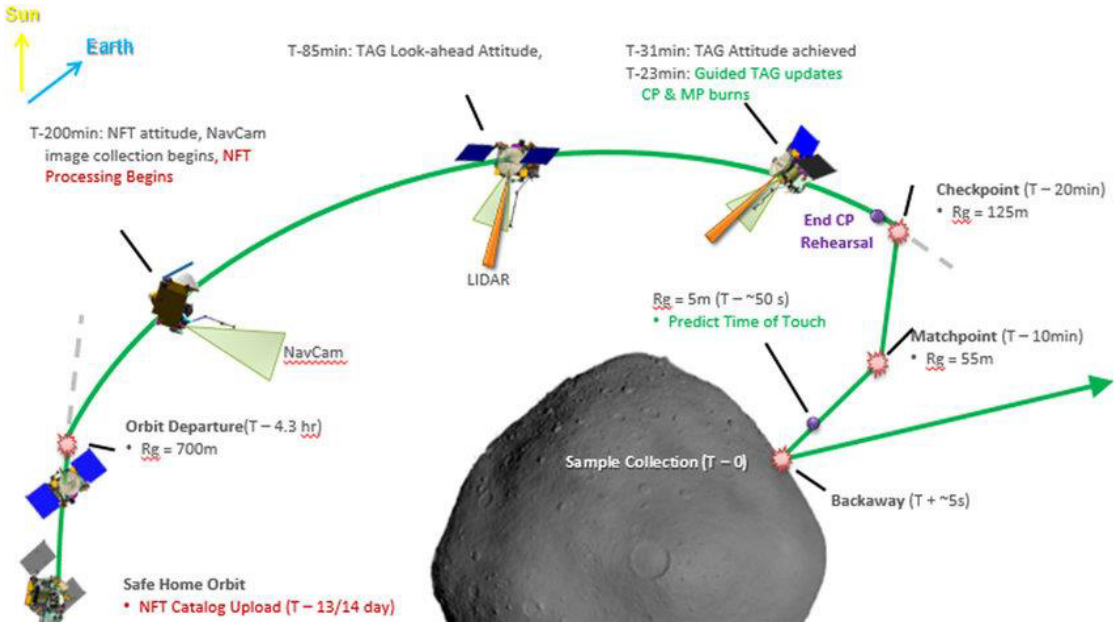
OSIRIS-REx es la tercera misión del Programa New Frontiers de la NASA, administrada por el Centro deVuelos Espaciales Marshall (NASA) para la Dirección de Misiones Científicas; Lockheed Martin Space construyó la nave y proporciona operaciones de vuelo, el Centro de Vuelos Espaciales Goddard (NASA), proporciona la gestión general, ingeniería de sistemas y garantía de seguridad, con KinetX Aerospace son responsables de la navegación; la Universidad de Arizona dirige el equipo científico, la planificación de la observación científica y procesamiento de datos.

Entre los instrumentos científicos a bordo se encuentran la Camera Suite (OCAMS) variedad de cámaras que ayudan en la documentación, orientación y para utilizar los otros instrumentos, también ayudan a medir la rotación del asteroide, registrar la forma de la superficie y sus elementos y decidir el lugar de donde se obtiene la muestra de regolito, entre otras muchas tareas más, espectrómetro de Emisión Termal (OTES), espectrómetros Visible e IR (OVIRS), altímetro láser (OLA), brazo retráctil TAGSAM (Touch-And-Go Sample Acquisition Mechanism), que tomó contacto con la superficie del asteroide para la recolección de muestras, contiene tres depósitos de gas separados, uno para cada uno de los intentos de recolección y la cápsula de recolección (SRC) donde se almacenan las muestras recolectadas (60 grs), es la única parte de la sonda que regresará a la tierra, para lo cual cuenta con un escudo térmico y un paracaídas.

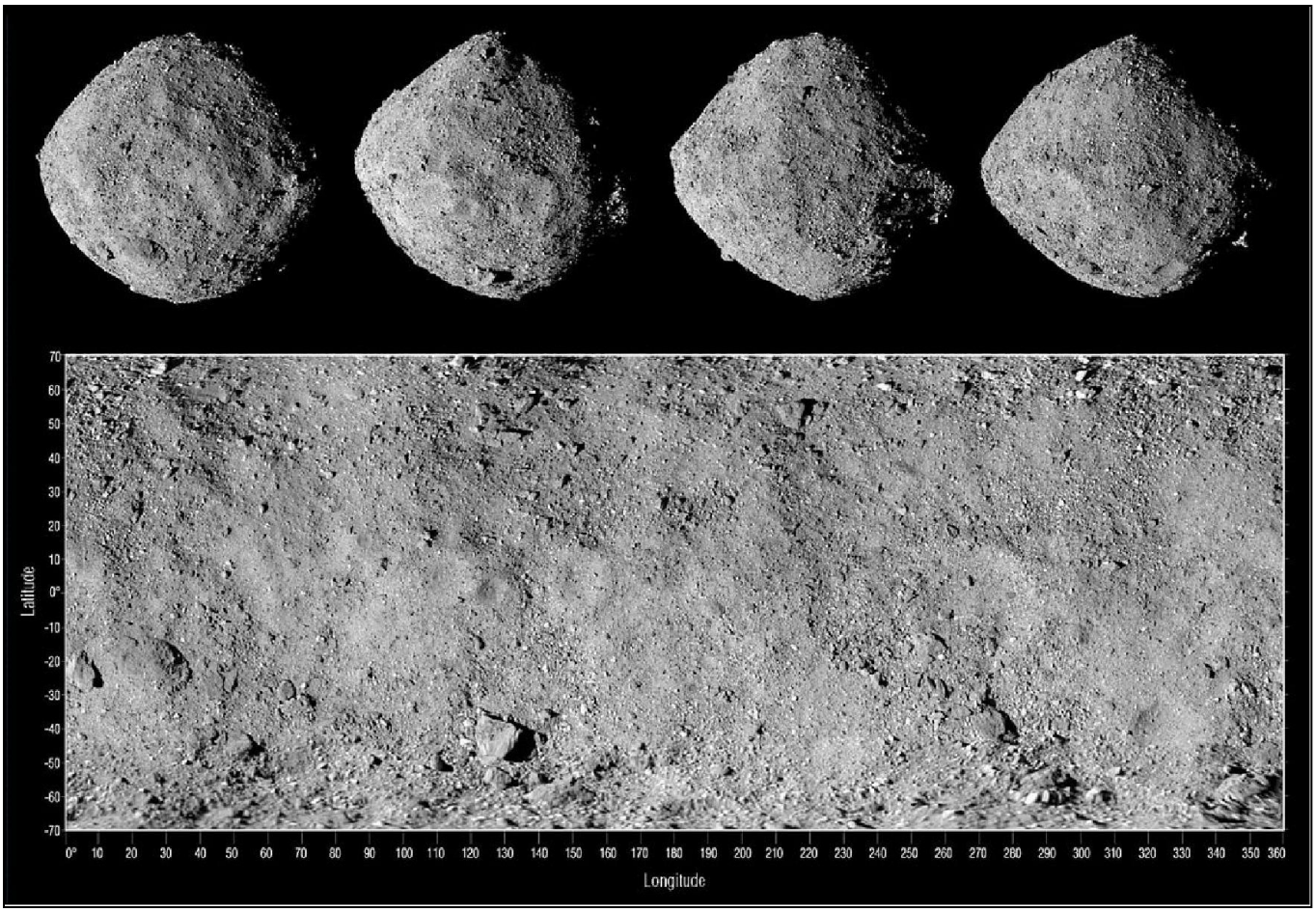
Se había planeado originalmente usar un sistema de láser LIDAR durante el evento de recolección de muestras Touch-And-Go (TAG), el LIDAR Guidance, Navigation and Control (GNC) está diseñado para enviar a la nave a una superficie relativamente libre de peligros, se había previsto originalmente un sitio de toma de contacto de 50 m de diámetro, pero las áreas seguras más grandes de Bennu son mucho más pequeñas (el sitio más grande tiene 16 m de ancho, aproximadamente el 10% del área segura prevista, se necesitaban una técnica de navegación más precisa que permitiera apuntar con precisión a sitios muy pequeños mientras se esquivaban peligros potenciales, frente a este desafío, se cambió a un nuevo método de navegación llamado NFT (Seguimiento de características naturales) que proporciona capacidades de navegación más amplias que el LIDAR, como técnica de navegación óptica, requiere la creación de un catálogo de imágenes de alta resolución a bordo de la nave espacial.



Fue lanzada el 8-09-2016 desde el complejo SLC-41 de Cabo Cañaveral, a bordo de un cohete Atlas-V, después de un sobrevuelo de la Tierra y asistencia gravitacional, en 2018, la nave encuentra ópticamente al asteroide Bennu, luego seguiría un mes de aproximación lenta para permitir la búsqueda de lunas a su alrededor.



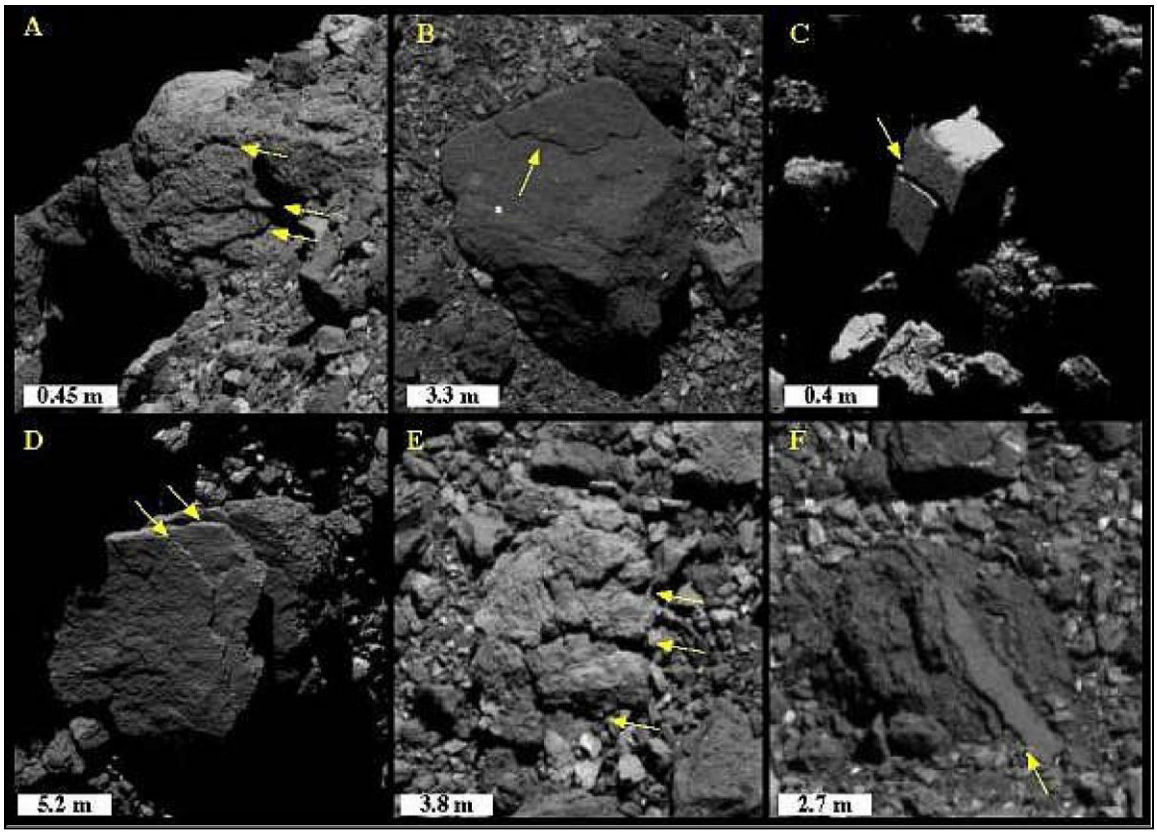
Al estudiar las marcas de impacto en la superficie del asteroide Bennu, el objetivo de la misión OSIRIS-REx, un equipo de investigadores dirigido por la Universidad de Arizona descubrió el pasado del asteroide y reveló que, a pesar de formarse hace cientos de millones de años, Bennu deambulaba en el vecindario de la Tierra solo muy recientemente, esto proporciona un nuevo punto de referencia para comprender la evolución de los asteroides, ofrece información sobre una población poco conocida de desechos espaciales peligrosos para las naves espaciales y mejora la comprensión de los científicos del Sistema Solar.

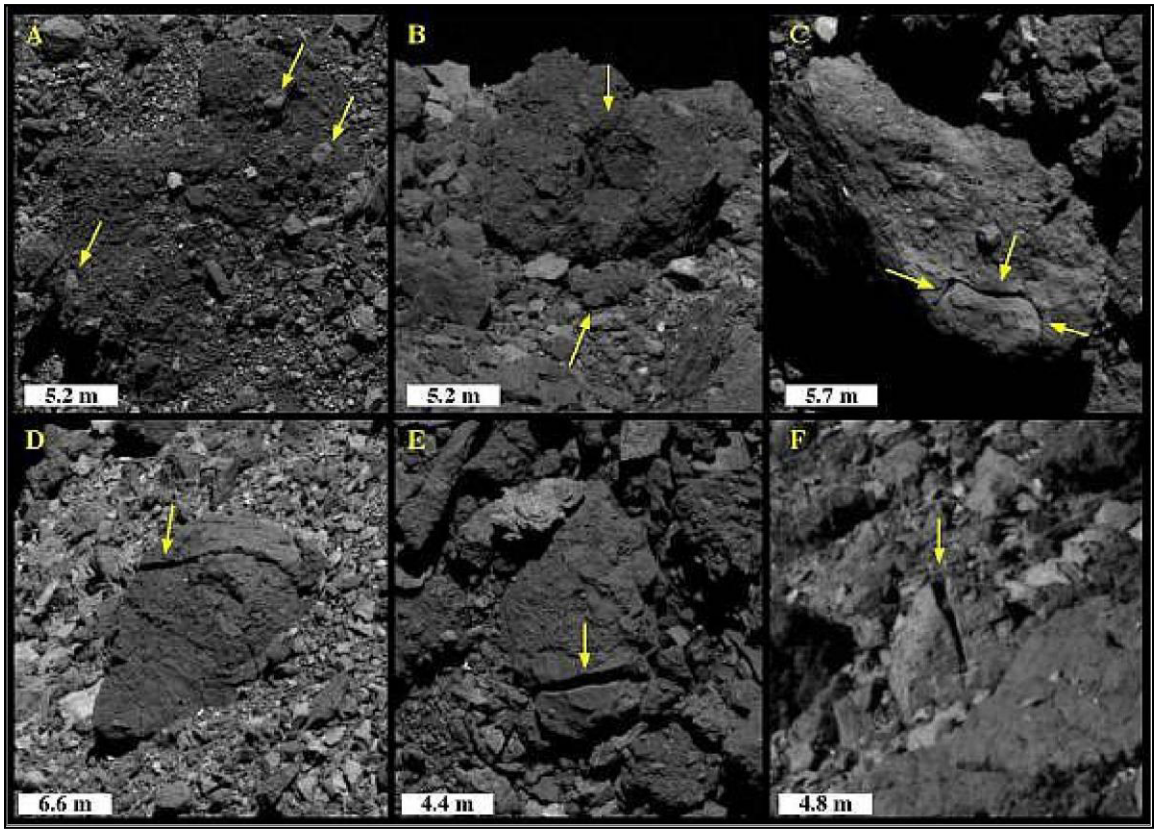


Es posible que las rocas se hayan formado realmente en el asteroide, pero el equipo cree que esto es poco probable basándose en cómo se forma típicamente el piroxeno, el mineral se forma cuando el material rocoso se derrite a alta temperatura. Sin embargo, la mayor parte de Bennu está compuesta de rocas que contienen minerales que contienen agua, por lo que no podrían haber experimentado temperaturas muy altas, el equipo consideró el calentamiento localizado, tal vez por un impacto.

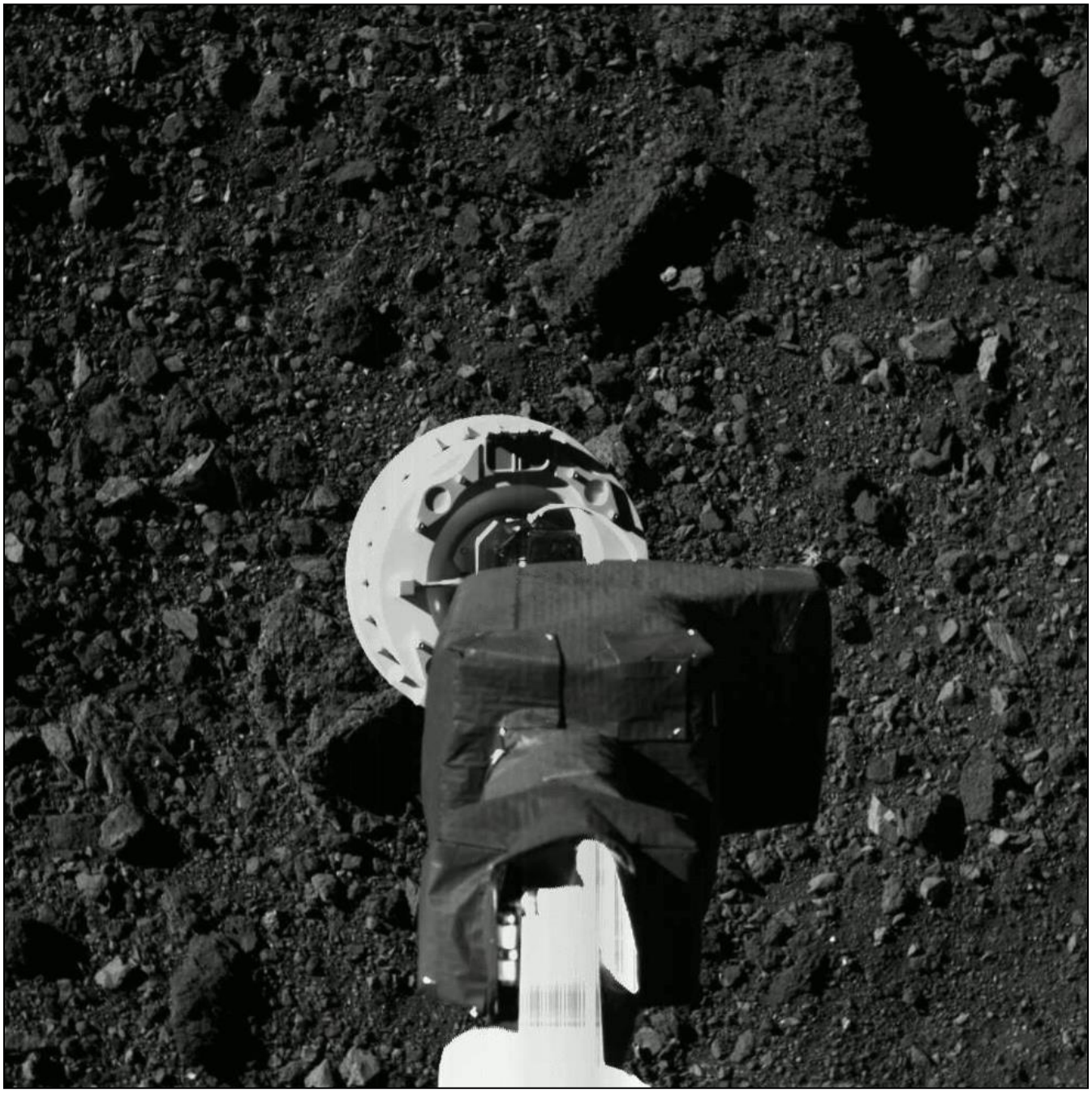
Un impacto necesario para derretir suficiente material y crear grandes rocas de piroxeno sería tan significativo que habría destruido a Bennu, se descartaron estos escenarios y, en su lugar, consideró otros asteroides ricos en piroxeno que podrían haber implantado este material en Bennu o su padre.

La fracturación térmica o la meteorización por estrés térmico se produce cuando las rocas se calientan y enfrían cada día, y se acumulan tensiones mecánicas que pueden hacer que se desarrollen y crezcan grietas. Con el tiempo, las grietas se hacen más grandes y hacen que la roca se disgregue o se parta en varios pedazos, las temperaturas máximas diurnos en Bennu pueden alcanzar aproximadamente 126 °C, y las mínima nocturna es de -73 °C.

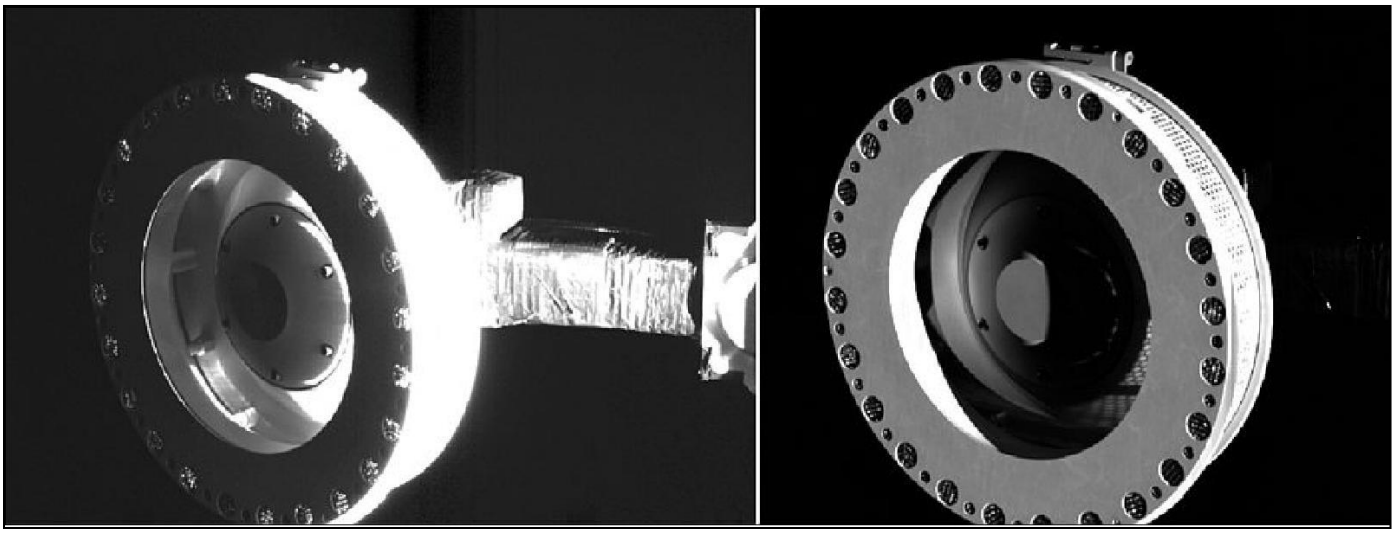

A
0.45 m
B
3.3 m
C
0.4 m
D
5.2 m
E
3.8 m
F
2.7 m


A
5.2 m
B
5.2 m
C
5.7 m
D
6.6 m
E
4.4 m
F
4.8 m

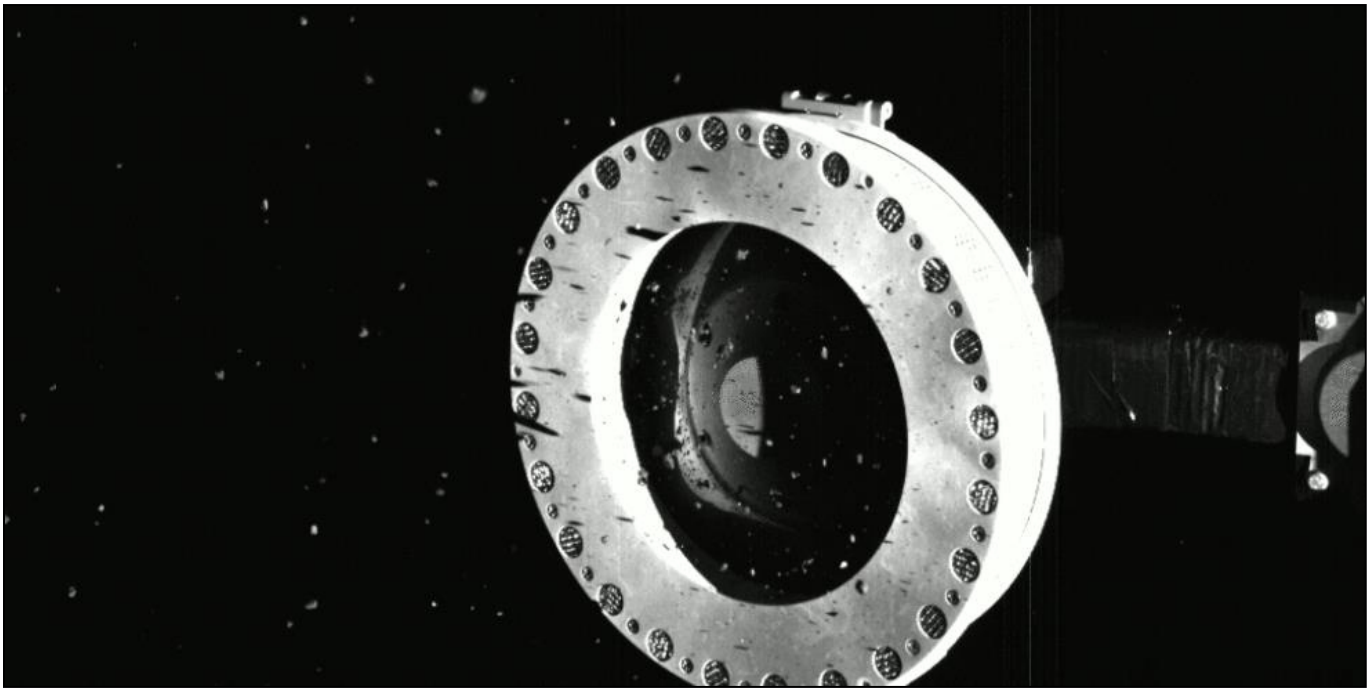
La nave encendió sus propulsores para salir de la órbita alrededor de Bennu y el 20-10-2020 extendió su brazo de muestreo TAGSAM mientras descendía aproximadamente 805 m hacia la superficie; luego de un descenso de 4 hrs, a una altitud de aproximadamente 125 m, la nave ejecutó la primera de dos maniobras para permitirle apuntar con precisión al sitio de recolección de muestras, 10 minutos más tarde, se encendieron sus propulsores para que la segunda combustión ralentizara su descenso y coincidiera con la rotación del asteroide en el momento del contacto, para aterrizar en un lugar despejado en un cráter en el hemisferio N de Bennu, uno de los pocos lugares relativamente despejados del asteroide, dos días después de aterrizar, el equipo de la misión recibió imágenes confirmando que había recolectado material más que suficiente para cumplir con uno de los principales requisitos de su misión 60 grs del material de la superficie del asteroide.



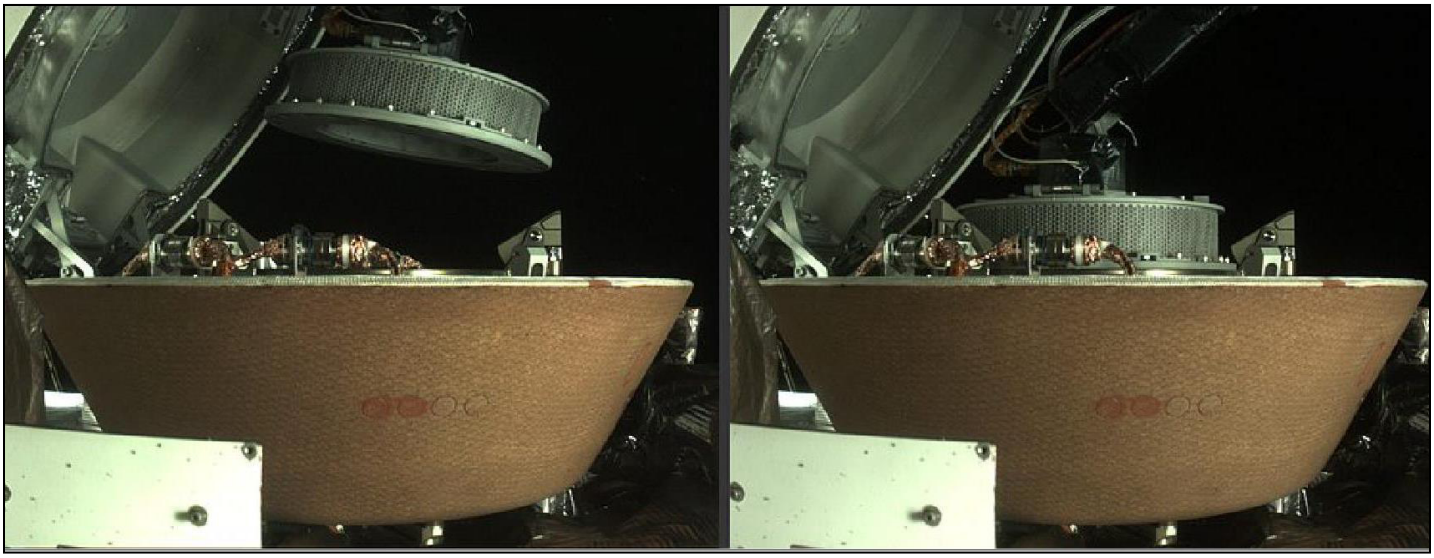
Los datos en tiempo real indicaban que el TAGSAM contactó con éxito la superficie y disparó una ráfaga de gas Nitrógeno, el gas debería haber levantado polvo y pequeñas rocas en la superficie de Bennu, algunos de los cuales deberían haber sido capturados en TAGSAM, los ingenieros confirmaron que después de que la nave hiciera contacto con la superficie, encendió sus propulsores y se alejó de manera segura.



El equipo de la misión intentó determinar la cantidad de muestra recogida, un método consistía en tomar fotografías del cabezal TAGSAM con la cámara SamCam, dedicada a documentar el proceso de recolección de muestras y determinar si el polvo y las rocas llegaron al cabezal recolector (una indicación indirecta era la cantidad de polvo que se encuentraría alrededor del cabezal del recolector de muestras) capturó imágenes del cabeza del TAGSAM mientras se movía a través de varias posiciones diferentes, al revisar estas imágenes, parecía estar llena de partículas de asteroides y que algunas de estas partículas parecían estar escapando lentamente del recolector de muestras, sospechando que trozos de material pasan a través de pequeños huecos donde una solapa de mylar (la tapa del recolector) está ligeramente abierta por rocas más grandes.



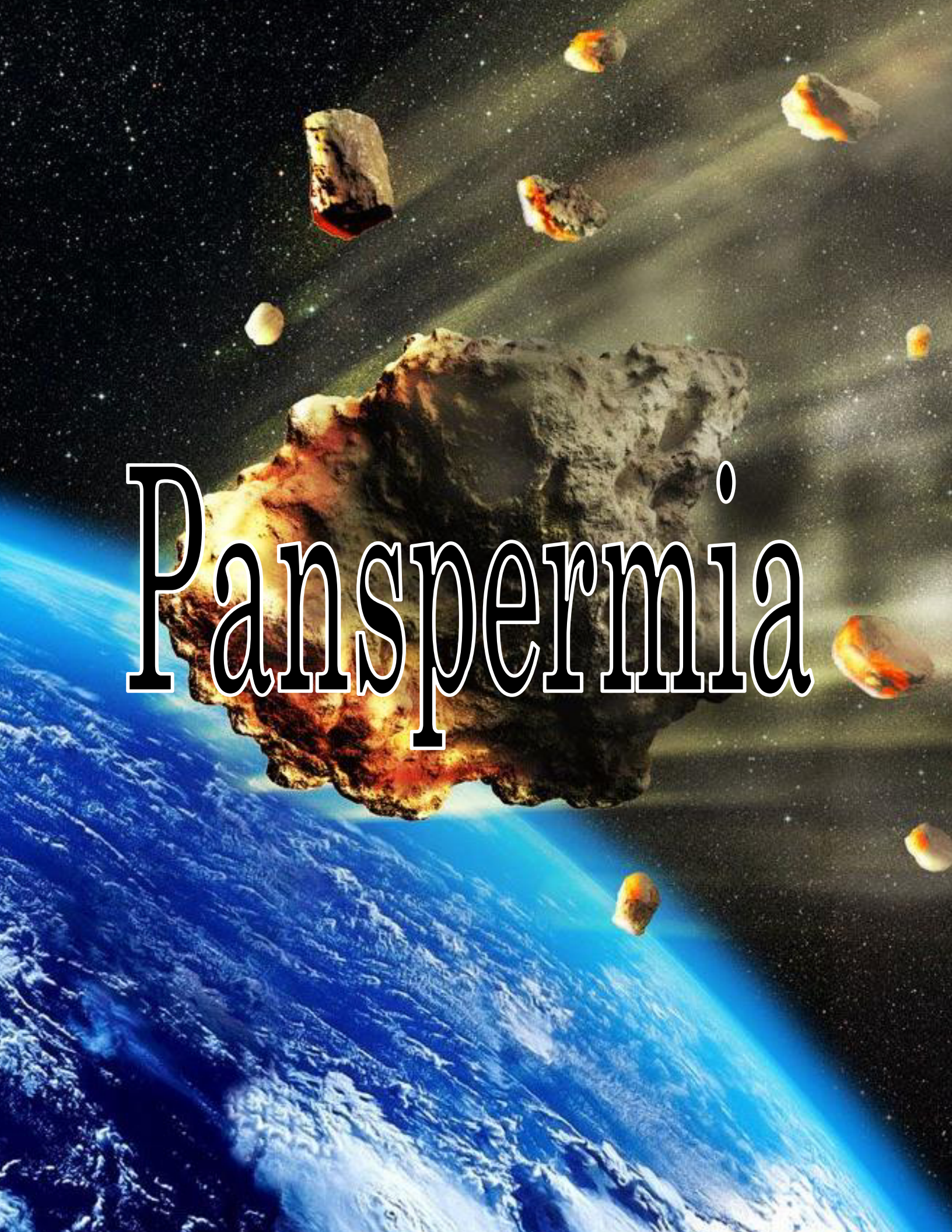
El equipo de la misión pasó dos días trabajando para llevar a cabo el procedimiento de estiba, y los preparativos para el evento de estiba a partir del 24-10-2020, para que la nave prosiguiera con cada paso de la secuencia de almacenamiento, el equipo tuvo que evaluar las imágenes y la telemetría del paso anterior para confirmar que la operación fuera exitosa y que la nave estaba lista para continuar, como se encuentra a más de 330 millones de Km de la Tierra, requirió que el equipo también trabajara con un retraso de tiempo superior a 18,5 minutos para las señales que viajan en cada dirección, a lo largo del proceso, el equipo de OSIRIS-REx evaluó continuamente la alineación del TAGSAM para asegurarse de que la cabeza del colector se colocaba correctamente en la SRC, además, se inspeccionó imágenes para observar cualquier material que se escape del cabezal recolector y confirmar que ninguna partícula obstaculizaría el proceso de estiba (las imágenes de StowCam de la secuencia de estiba muestran que algunas partículas escaparon durante el procedimiento de estiba) pero el equipo confía en que queda una gran cantidad de material dentro del cabezal; el brazo TAGSAM de la nave había colocado el cabezal del colector en la SRC y se verificó que la cabeza del recolector estaba completamente sujeta a la cápsula mediante una verificación de retroceso (se ordenó al TAGSAM que retroceda fuera de la cápsula, lo que tiraba de la cabeza del recolector, asegurando los pestillos).



Luego de la verificación de retroceso, el equipo de la misión envió comandos para desconectar las dos partes mecánicas del TAGSAM que conectan el cabezal del muestreador al brazo, la nave cortó primero el tubo que transportaba el gas Nitrógeno y luego separó el cabezal recolector del propio TAGSAM, completando el paso final del proceso de almacenamiento de muestras y cerrando la SRC.

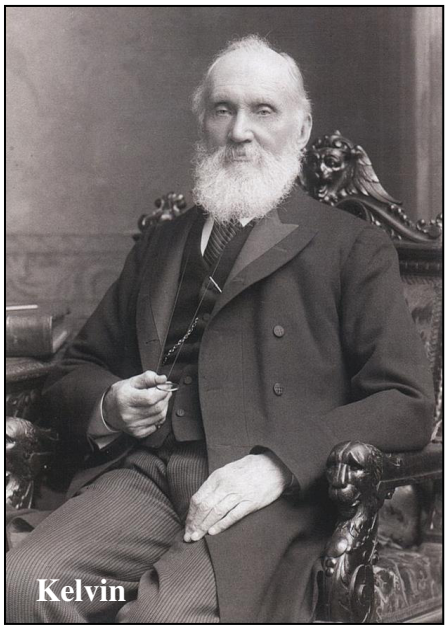
Para asegurar la cápsula, la nave cerró la tapa y luego aseguró dos pestillos internos, finalmente la muestra de Bennu se almacena de forma segura y está lista para su viaje a la Tierra.

El 10-05-2021, la nave encendió sus motores principales a toda velocidad durante 7 minutos, el encendido empujó a la nave lejos del asteroide a casi 1000 Km/h, lo que la sitúa en un crucero de 2,5 años hacia la Tierra, después de orbitar el Sol dos veces, llegará a la Tierra el 24-09-2023; la cápsula conteniendo las muestras del asteroide se separará de la nave y entrará en la atmósfera terrestre, aterrizando por medio de paracaídas en el Campo de Pruebas y Entrenamiento de Utah, Estados Unidos.


Panspermia

La primera mención conocida del término estaba en los escritos del filósofo griego Anaxágoras en el Siglo-V A.C., quien creía que la vida se había dispersado por todo el Universo en forma de semillas, pero la Panspermia comenzó a asumir una forma más científica a través de las propuestas de Jöns Jacob Berzelius quien en 1830 confirmaría que en ciertos meteoritos había compuestos orgánicos; aquel primer descubrimiento llevó a algunos científicos posteriores como Hermann Richter (1865), Lord Kelvin (1871) y Hermann von Helmholtz (1879) a pensar que en los meteoritos podían viajar las semillas de la vida que podrían sembrar los planetas, no obstante aquello no eran nada más que ideas sin un apoyo teórico suficiente; la teoría alcanzó el nivel de hipótesis científica detallada, gracias a los esfuerzos del químico sueco Svante Arrhenius en 1903 que publicó en su artículo "La distribución de la vida en el espacio", la hipótesis hoy llamada Radiopanspermia, de que las formas microscópicas de vida pueden propagarse en el espacio; argumentó que las partículas de un tamaño crítico por debajo de 1,5 μm se propagarían a alta velocidad por la presión de radiación. Sin embargo, debido a que su eficacia disminuye al aumentar el tamaño de la partícula, este mecanismo se aplica únicamente a partículas muy pequeñas, por estudios efectuados con globos sonda se tienen pruebas evidentes de la existencia de microorganismos en la estratósfera, Arrhenius postulaba que, en ocasiones, estos organismos eran expulsados completamente de la Tierra por fuerzas eléctricas, la idea, es válida en principio, pero en la práctica no se sabe con qué eficacia serían lanzados los microorganismos si es que efectivamente esto sucede; en la época de Arrhenius, ya se sabía que había esporas que podían mantenerse largos períodos sumergidas en aire líquido (-196 °C) sin que afectara a su posterior capacidad reproductora, y hoy se sabe que algunos microorganismos soportan en laboratorio prolongadas exposiciones a vacíos muy altos.

Berzelius


Kelvin

Arrhenius

Se puede decir que la Panspermia es interestelar (entre sistemas estelares) o interplanetaria (entre planetas del mismo sistema estelar); los medios de transporte pueden incluir cometas, presión de radiación y microorganismos incrustados en las rocas, la transferencia interplanetaria de material no vivo está bien documentada, como lo demuestran los meteoritos de origen marciano encontrados en la Tierra, las sondas espaciales también puede ser un mecanismo de transporte viable para la polinización cruzada interplanetaria en el Sistema Solar o incluso más allá. Sin embargo, las agencias espaciales han implementado procedimientos de Protección Planetaria para reducir el riesgo de contaminación, se descubrió recientemente que algunos microorganismos, como el Tersicoccus phoenicis, pueden ser resistentes a los procedimientos utilizados en las instalaciones de salas limpias de ensamble de naves.

Sobre la base de datos experimentales sobre los efectos de la radiación y la estabilidad del ADN, se ha concluido que para tiempos de viaje tan largos, se requieren rocas que sean mayores o iguales a 1 m de diámetro para proteger eficazmente a los microorganismos resistentes, como las esporas bacterianas contra la radiación cósmica galáctica, estos resultados niegan claramente la hipótesis de la Radiopanspermia (esporas únicas aceleradas por la presión de radiación del Sol), que requieren muchos años para viajar entre los planetas, y respaldan la probabilidad de transferencia interplanetaria de microorganismos dentro de asteroides o cometas (hipótesis de Litopanspermia)

La transferencia de organismos en rocas de un planeta a otro a través del espacio interplanetario o interestelar, sigue siendo especulativa, aunque no hay evidencia de que haya ocurrido Litopanspermia en el Sistema Solar, las diversas etapas se han vuelto susceptibles de pruebas experimentales, para que ocurra la Litopanspermia, los investigadores han sugerido que los microorganismos deben sobrevivir a la eyección de una superficie planetaria, lo que implica fuerzas extremas de aceleración y choque con variaciones de temperatura asociadas.

Se requiere una protección mínima para proteger una espora contra la radiación UV, la exposición del ADN desprotegido a los rayos UV solares y la radiación ionizante cósmica lo descomponen en sus bases constituyentes, además, la exposición del ADN al vacío ultra alto del espacio por sí solo es suficiente para causar daño al ADN, por lo que el transporte de ADN o ARN sin protección durante vuelos interplanetarios impulsados únicamente por una ligera presión es extremadamente improbable.

La supervivencia de microorganismos se ha estudiado utilizando instalaciones simuladas y en órbita terrestre baja, seleccionandose un gran número de microorganismos para experimentos de exposición (es posible separar los microorganismos en dos grupos, los de origen humano y los extremófilos) el estudio de los microorganismos transmitidos por humanos es importante para el bienestar humano y las futuras misiones tripuladas; mientras que los extremófilos son vitales para estudiar los requisitos fisiológicos de supervivencia en el espacio.

Un aspecto importante a probar de la hipótesis de la Litopanspermia es que los microbios situados sobre o dentro de las rocas podrían sobrevivir a la entrada a hipervelocidad desde el espacio a través de la atmósfera de la Tierra, al igual que con la eyección planetaria, esto es manejable experimentalmente, con cohetes sonda y vehículos orbitales que se utilizan para experimentos microbiológicos, las esporas de B. subtilis inoculadas en cúpulas de granito fueron sometidas a tránsito atmosférico e hipervelocidad mediante el lanzamiento a una altitud de 120 Km en un cohete sonda Orión de dos etapas, demostró que las esporas sobrevivieron en los lados de la roca, pero no en la superficie orientada hacia el exterior que fue sometida a una temperatura máxima de 145 °C.

La llegada exógena de microorganismos fotosintéticos podría tener consecuencias bastante profundas para el curso de la evolución biológica en un planeta contaminado, como los organismos fotosintéticos deben estar cerca de la superficie de una roca para obtener suficiente energía lumínica, el tránsito atmosférico podría actuar como un filtro contra ellos mediante la ablación de las capas superficiales de la roca, se demostró que las cianobacterias sobreviven a las condiciones de desecación y congelación del espacio en experimentos orbitales, los organismos no fotosintéticos en las profundidades de las rocas tienen la posibilidad de sobrevivir a un viaje espacial.

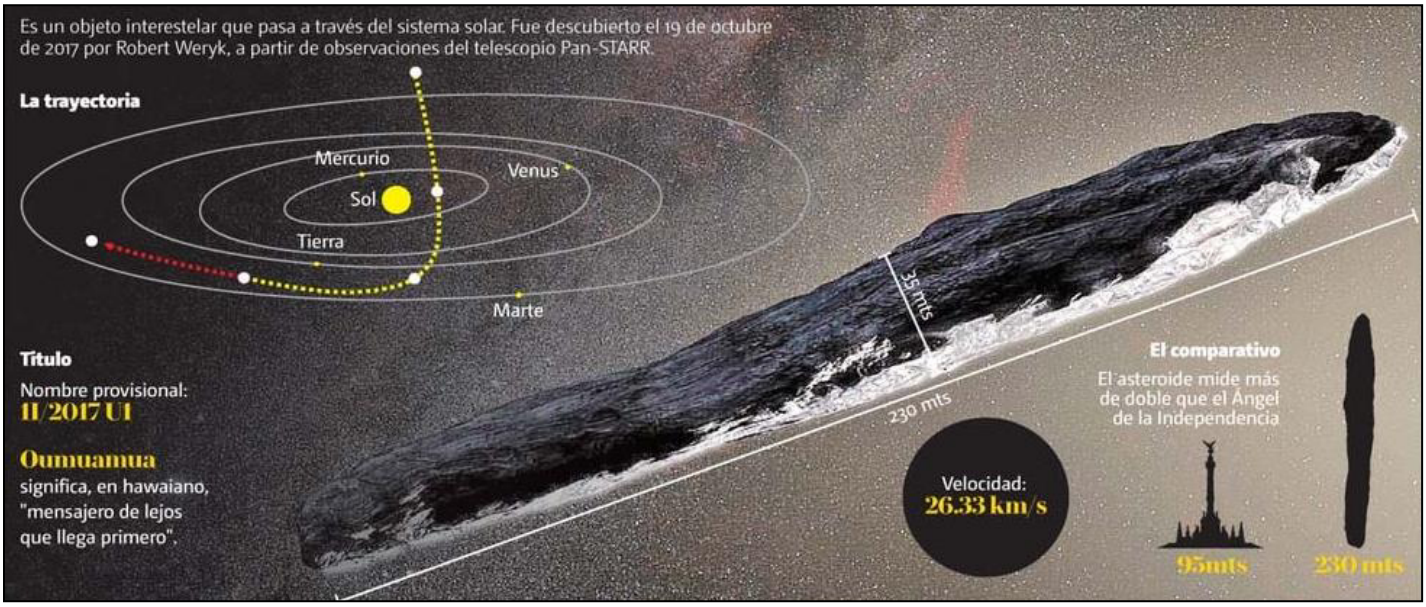
Fred Hoyle y Chandra Wickramasinghe fueron influyentes defensores de la Panspermia, en 1974 propusieron la hipótesis de que algo de polvo en el espacio interestelar era en gran parte orgánico (que contenía Carbono), lo que Wickramasinghe más tarde demostró ser correcto; Hoyle y Wickramasinghe sostuvieron además que las formas de vida continúan entrando en la atmósfera de la Tierra y pueden ser responsables de brotes epidémicos, nuevas enfermedades y la novedad genética necesaria para la macroevolución.

Las primeras pruebas estadounidenses se realizaron en 1966, durante las misiones Gemini IX y XII, cuando muestras del bacteriófago T1 (expuesta al espacio exterior durante 16 hrs) y esporas de Penicillium roqueforti que se expusieron durante 6,5 hrs; otros experimentos ciencias de la vida de la investigación básica en la órbita baja terrestre comenzaron en 1966 con los programas Bion y Biosatélite, la plausibilidad de la Panspermia se puede evaluar examinando las formas de vida en la Tierra para determinar su capacidad para sobrevivir en el espacio.

Hasta la década de 1970, se pensaba que la vida dependía de su acceso a la luz solar, se creía que incluso la vida en las profundidades del océano (donde la luz del sol no puede llegar) se alimentaba del consumo de detritos orgánicos que llovían de las aguas superficiales, en 1977, durante una inmersión exploratoria con el sumergible de exploración de aguas profundas Alvin, los científicos descubrieron colonias de criaturas variadas agrupadas alrededor de características volcánicas submarinas conocidas como fumadores negros.

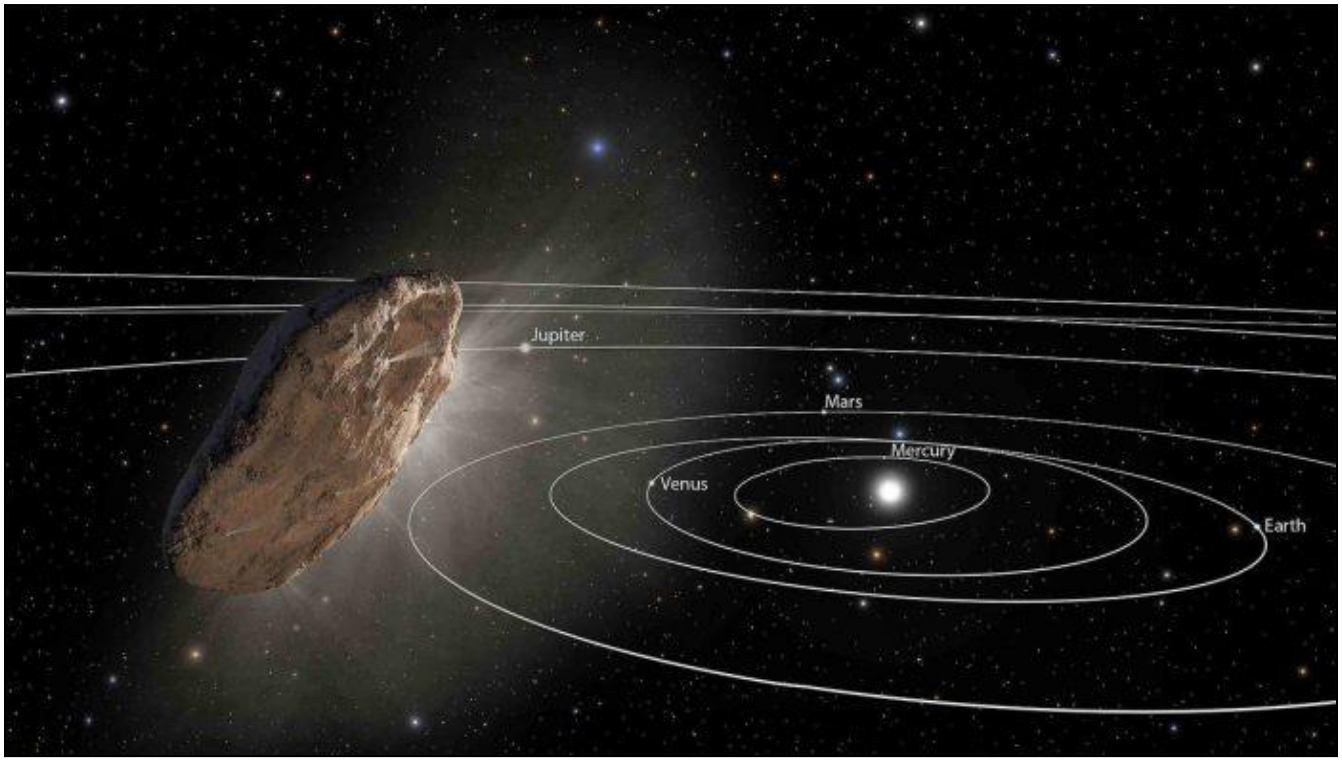
Varias simulaciones en laboratorios y en órbita terrestre baja sugieren que algunos organismos simples pueden sobrevivir la eyección, entrada e impacto en la superficie terrestre; en 2015, se encontraron restos de material biótico en rocas de 4100 millones de años en Australia (cuando la Tierra tenía unos 400 millones de años) según un investigador si la vida surgiera relativamente rápido en la Tierra podría ser común en el Universo.

En 2018, un equipo de Rusia publicó un artículo que reveló que encontraron ADN en el exterior de la ISS de bacterias terrestres y marinas similares a las observadas anteriormente en microcapas superficiales en las zonas costeras de los mares de Barents y Kara, la presencia del ADN de bacterias terrestres y marinas silvestres en la ISS sugiere su posible transferencia de la estratosfera a la ionosfera con la rama ascendente del circuito eléctrico atmosférico global, alternativamente, las bacterias terrestres y marinas silvestres, así como todas las bacterias podrían tener un origen espacial; astrónomos de la Universidad de Harvard presentaron un modelo analítico que sugiere que la materia, y las esporas potencialmente inactivas, se pueden intercambiar a través de las vastas distancias entre las Galaxias, un proceso denominado Panspermia Galáctica, y no restringirse a la escala limitada de los sistemas solares (la detección de un objeto extrasolar llamado Oumuamua cruzando el Sistema Solar interior en una órbita hiperbólica confirma la existencia de un vínculo material continuo con los sistemas exoplanetarios).



La Panspermia Molecular propone que las moléculas orgánicas utilizadas para la vida se originaron en el espacio y se incorporaron a la nebulosa solar, a partir de la cual los planetas se condensaron y se distribuyeron hacia las superficies planetarias donde luego emergió la vida (abiogénesis), desde principios de la década de 1970 se hizo evidente que el polvo interestelar consistía en un gran componente de moléculas orgánicas, la primera sugerencia fue de Chandra Wickramasinghe, que propuso una composición polimérica basada en la molécula de formaldehido las moléculas interestelares se forman por reacciones químicas dentro de nubes interestelares o circunestelares de polvo y gas muy dispersas, esto ocurre cuando una molécula se ioniza, a menudo como resultado de una interacción con los rayos cósmicos, esta molécula cargada positivamente luego atrae un reactivo cercano por atracción electrostática de los electrones de la molécula neutra; las moléculas también se pueden generar por reacciones entre átomos neutros y moléculas, aunque este proceso es generalmente más lento, el polvo juega un papel fundamental en el blindaje de las moléculas del efecto ionizante de la radiación UV emitida por las estrellas, las proporciones isotópicas C de compuestos orgánicos que se encuentran en el meteorito Murchison indican un origen no terrestre de estas moléculas en lugar de una contaminación terrestre.

En 2009, los científicos de la NASA identificaron uno de los componentes químicos fundamentales de la vida (el aminoácido glicina) en un cometa por primera vez; el equipo de la Misión Rosetta informó la presencia de glicina, metilamina y etilamina en la coma del Cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, esto, más la detección de fósforo, es consistente con la hipótesis de que los cometas jugaron un papel crucial en el surgimiento de la vida en la Tierra; en 2011, se publicó un informe, basado en estudios con meteoritos encontrados en la Tierra que sugiere que los bloques de construcción de ADN (adenina, guanina y moléculas orgánicas relacionadas) pudieron haberse formado en el espacio exterior, los científicos informaron que el polvo cósmico contiene materia orgánica compleja (sólidos orgánicos amorfos con una estructura mixta aromático/alifática) que podrían ser creadas de forma natural y rápida por las estrellas, uno de los científicos sugirió que estos compuestos orgánicos complejos pudieron haber estado relacionados con el desarrollo de la vida en la Tierra, ya que estos productos orgánicos pueden servir como ingredientes básicos para la vida.



En 2012, astrónomos de la Universidad de Copenhague informaron de la detección de una molécula de azúcar específica, el glicolaldehído (necesario para formar ARN que tiene una función similar al ADN) en un sistema estelar distante, alrededor del binario protoestelar IRAS 16293-2422, a 400 A.L. de la Tierra.

Este hallazgo sugiere que se pueden formar moléculas orgánicas complejas en sistemas estelares antes de la formación de los planetas, y eventualmente llegaran a los planetas jóvenes al principio de su formación; científicos de la NASA informaron que los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) sometidos a las condiciones del medio interestelar, se transforman mediante hidrogenación, hidroxidación y oxigenación en compuestos orgánicos más complejos,un paso en el camino hacia los aminoácidos y nucleótidos, las materias primas de ADN y proteínas, respectivamente, además, como resultado de estas transformaciones, los PAH pierden su firma espectroscópica lo que podría ser una de las razones de la falta de detección de PAH en los granos de hielo interestelar, particularmente en las regiones externas de nubes frías y densas o en las capas moleculares superiores de los discos protoplanetarios.

En 2013, el Atacama Large Millimeter Array (ALMA) confirmó el descubrimiento de moléculas prebióticas en las partículas heladas del espacio interestelar, los productos químicos, que se encuentran en una nube gigante de gas a unos 25000 A.L. de la Tierra, pueden ser un precursor de un componente clave del ADN y el otro puede tener un papel en la formación de un aminoácido importante, los investigadores encontraron una molécula llamada cianometanimina, que produce adenina, una de las cuatro nucleobases que forman los peldaños en la estructura en forma de escalera del ADN, se cree que la otra molécula, llamada etanamina, desempeña un papel en la formación de alanina, uno de los veinte aminoácidos del código genético, encontrar estas moléculas en una nube de gas interestelar significa que importantes bloques de construcción para el ADN y los aminoácidos pueden sembrar planetas recién formados con los precursores químicos de la vida, este mismo año, un experimento de simulación indicó que en el polvo interestelar se pueden crear dipéptidos (pares de aminoácidos) que pueden ser componentes básicos de proteínas, la NASA anunció en 2014 una base de datos mejorada para rastrear hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en el Universo (según los científicos, más del 20% del Carbono del Universo puede estar asociado con los HAP (posibles materiales iniciales para la formación de vida) los HAP parecen haberse formado poco después del Big Bang, están muy extendidos por el Universo y están asociados con nuevas estrellas.

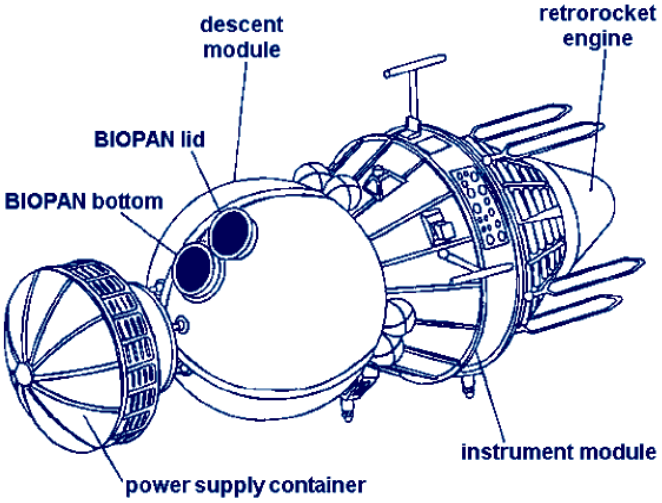
Un equipo de investigadores indio/británico dirigido por Chandra Wickramasinghe informó en 2001 que las muestras de aire sobre Hyderabad, India recolectadas de la estratosfera por la Organización de Investigación Espacial de la India (ISRO) el 21-01-2001, contenían grupos de células vivas, Wickramasinghe llamó a esto una evidencia inequívoca de la presencia de grupos de células vivas en muestras de aire de hasta 41 Km, por encima de las cuales normalmente no se transportaría aire, posteriormente se aislaron de forma independiente dos especies de bacterias y una de hongos de estos filtros que se identificaron como Bacillus simplex , Staphylococcus pasteuri y Engyodontium álbum respectivamente, los microorganismos capturados durante el experimento del globo sonda no exhibieron adaptaciones distintas de la que se espera que se vean en los microorganismos que ocupan un nicho cometario.

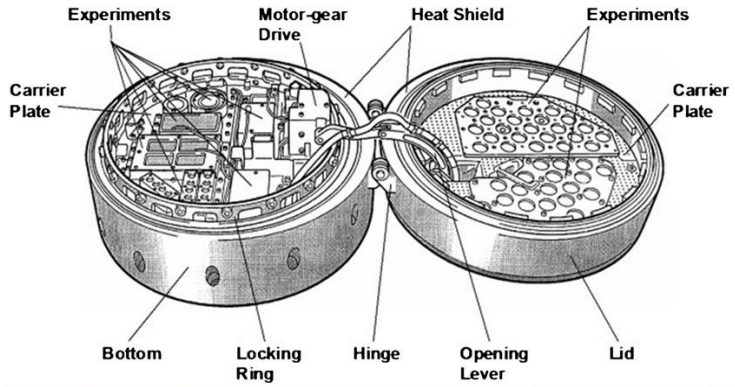
El 20-04-2005, ISRO realizó otro experimento, recolectando muestras de aire de la atmósfera superior a altitudes que van desde los 20 Km hasta más de 40 Km, las muestras se analizaron en dos laboratorios de la India que encontraron 12 especies de bacterias y 6 especies de hongos en las muestras, de las 12 muestras bacterianas, tres se identificaron como nuevas especies llamadas Janibacter hoylei, Bacillus isronensis y Bacillus aryabhattai, especies que demostraron ser más resistentes a la radiación UV que bacterias similares, los hongos fueron Penicillium decumbens, Cladosporium cladosporioides, Alternaria sp. y Tilletiopsis albescens.

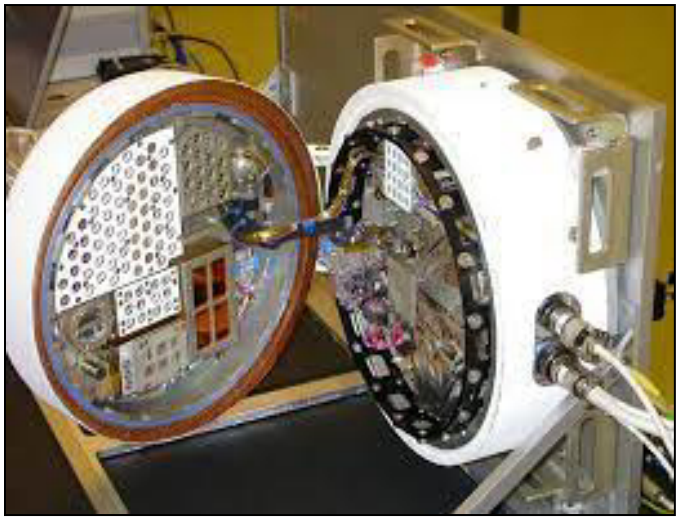
Datos recopilados por los experimentos BIOPAN, ERA, SPORE, LIFE, EXOSTACK y EXPOSE, determinaron que las esporas aisladas (incluidas las de B. subtilis) morían si se exponían al entorno espacial completo durante unos pocos segundos, pero si se protegían de los rayos UV solares, las esporas eran capaces de sobrevivir en el espacio hasta 6 años mientras estaban incrustadas en arcilla o polvo de meteorito (meteoritos artificiales) esas muestras protegidas por material simulado proporcionaron evidencia experimental de la probabilidad del escenario hipotético de Litopanspermia.

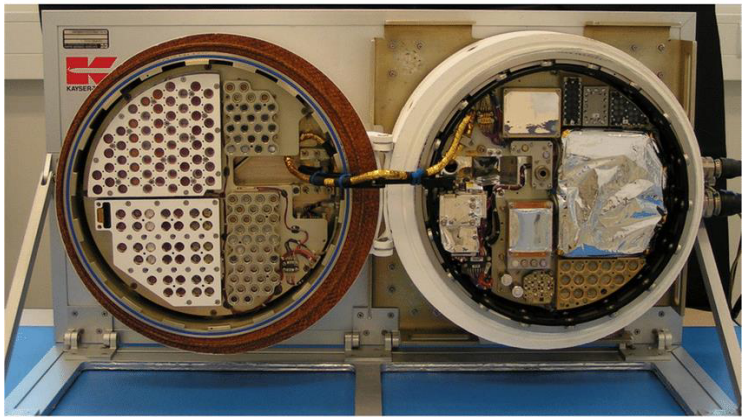
BIOPAN

Instalación experimental multiusuario de la ESA instalada en la superficie externa de la cápsula de descenso rusa Foton, los experimentos estaban diseñados para investigar el efecto del entorno espacial sobre material biológico después de una exposición entre 13 y 17 días, los experimentos estaban expuestos a la radiación solar y cósmica, vacío espacial e ingravidez, de las 6 misiones realizadas entre 1992 y 2007, se realizaron decenas de experimentos y algunos analizaron la probabilidad de panspermia, algunas bacterias, líquenes (Xanthoria elegans, Rhizocarpon geographicumy sus cultivos de micobiontes, microhongos negros antárticos Cryomyces minteri y Cryomyces antarcticus), las esporas e incluso tardígrados sobrevivieron al duro entorno del espacio exterior y a la radiación cósmica.





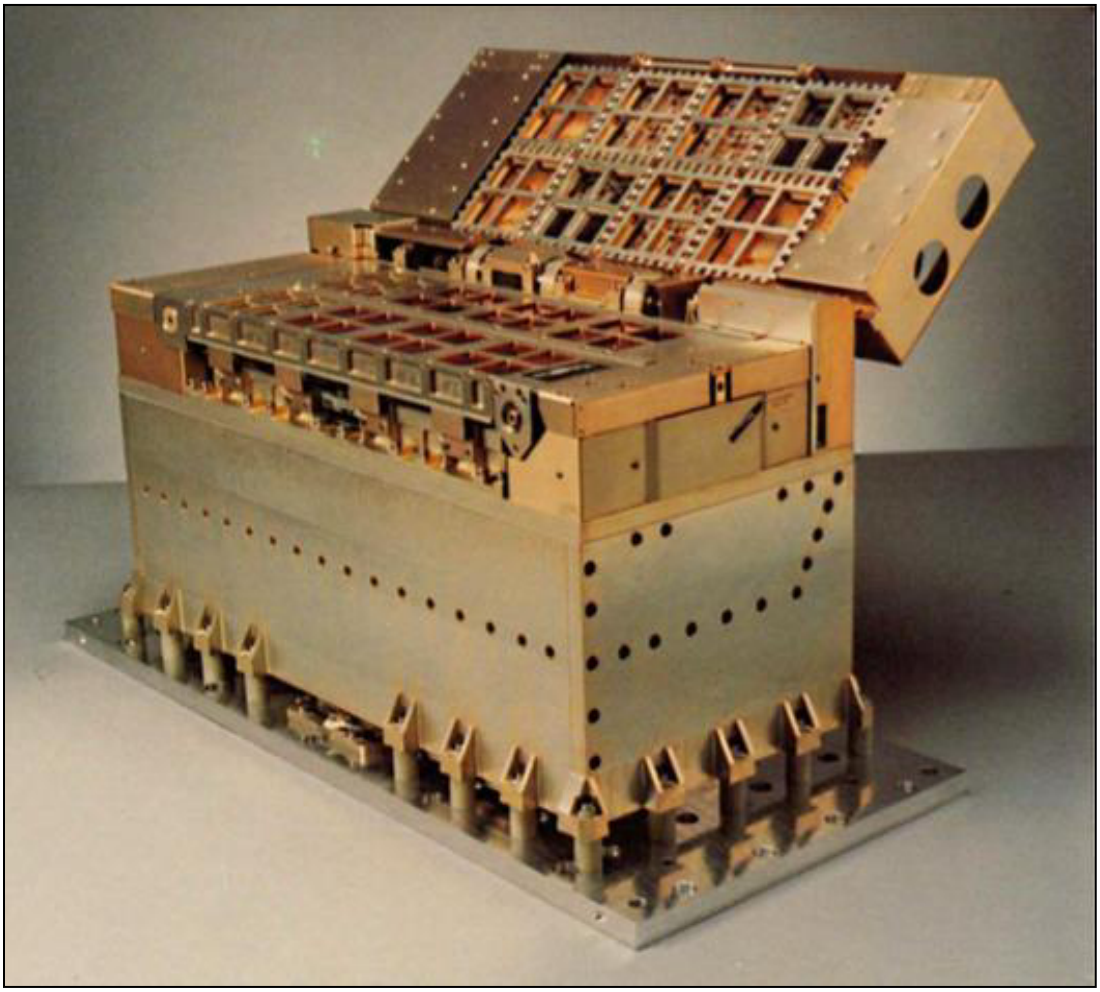




Exobiology Radiation Assembly (ERA)

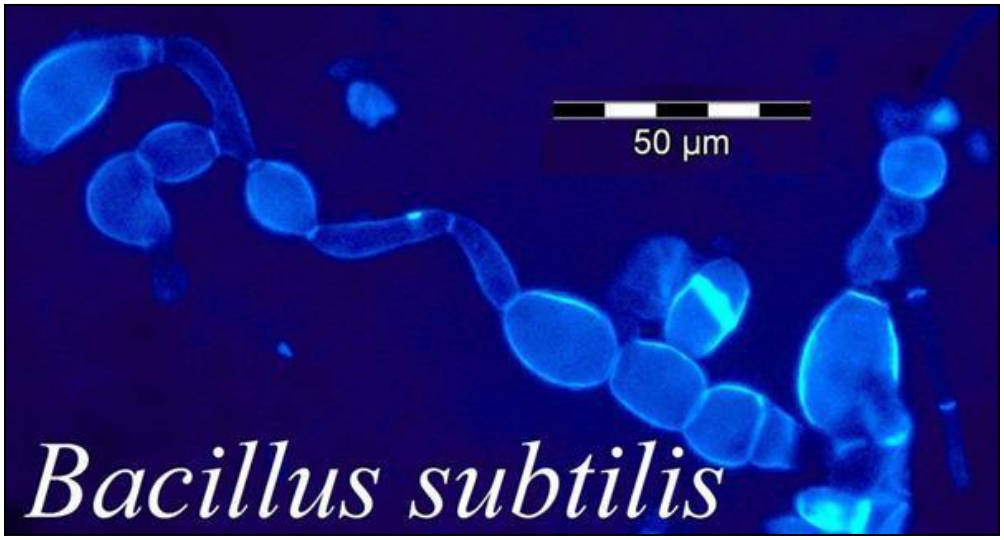
Misión de astrobiología desarrollada por la ESA en 1992 a bordo del European Retrievable Carrier (EURECA) sobre los efectos biológicos de la radiación espacial y estudiar la respuesta de los microorganismos deshidratados y metabólicamente inactivos como las esporas de Bacillus subtilis y el plásmido pUC19 de Escherichia coli que fueron expuestas a condiciones de vacío espacial y/o bandas de ondas e intensidades de radiación solar UV; después de 11 meses, se estudiaron sus respuestas en términos de supervivencia, mutagénesis, inducción de roturas de cadenas de ADN, eficiencia de los sistemas de reparación de ADN y el papel de los agentes externos/ agentes protectores, los datos fueron comparados con los de un experimento terrestre que se realizaba simultáneamente.

La supervivencia de las esporas tratadas con el vacío del espacio, aunque estén protegidas contra la radiación solar, aumentaban sustancialmente si se exponían en multicapas y/o en presencia de glucosa como protectora, las esporas de los meteoritos artificiales (incrustadas en arcillas o suelo marciano simulado) murieron, el tratamiento al vacío condujo a un aumento de la frecuencia de mutación en las esporas, pero no en el ADN plasmídico, la radiación UV solar extraterrestre es mutagénica, indujo roturas de hebras en el ADN y redujo sustancialmente la supervivencia; la disminución de la viabilidad de los microorganismos podía correlacionarse con el aumento del daño del ADN; las membranas púrpuras, aminoácidos y la urea no se vieron afectados de manera apreciable por la condición deshidratante del espacio, si estaban protegidos de la radiación solar, el ADN plasmídico, sin embargo, sufrió una cantidad significativa de roturas de hebras en estas condiciones.



EXOSTACK

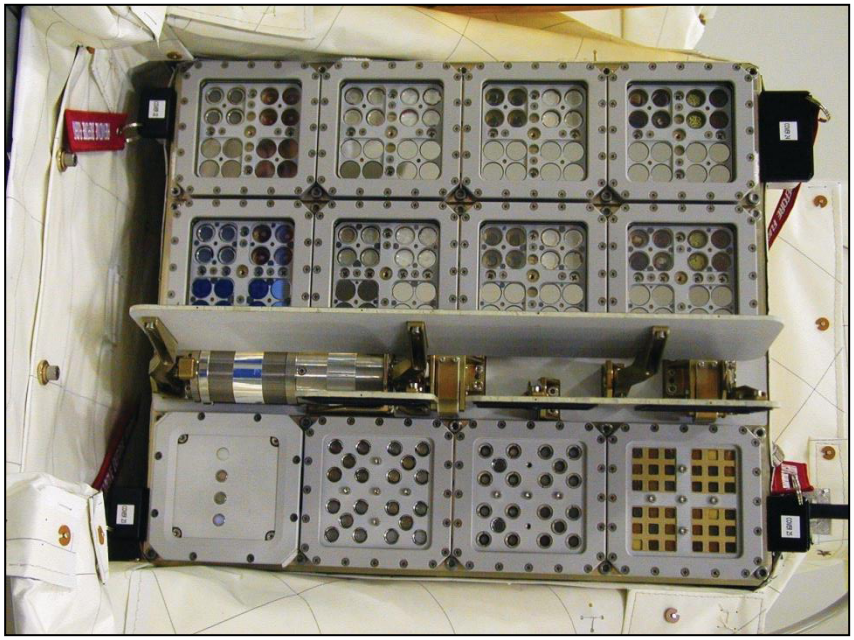
Experimento alemán desplegado el 7-04-1984 a bordo del satélite estadounidense LDEF, el 30% de las esporas de Bacillus subtilis sobrevivió a la exposición de casi 6 años cuando se incrustó en cristales de sal, el 80% sobrevivió en presencia de glucosa, que estabiliza la estructura de las macromoléculas celulares, especialmente durante la deshidratación inducida por vacío, si se protegían contra los rayos UV solares, las esporas de B. sudtilis podían sobrevivir en el espacio hasta 6 años, especialmente si estaban incrustadas en arcilla o polvo de meteorito (artificial) datos que apoyaron la probabilidad de transferencia interplanetaria de microorganismos en los meteoritos, la llamada hipótesis de Litopanspermia.



EXPOSE

Instalación multiusuario de la ESA montada fuera de la ISS dedicada a experimentos de astrobiología, se realizaron tres experimentos EXPOSE entre 2008 y 2015, EXPOSE-E , EXPOSE-R y EXPOSE-R2; los resultados de las misiones orbitales, especialmente los experimentos SEEDS y LIFE, concluyeron que después de exponer durante 18 meses, algunas semillas y líquenes Stichococcus sp. y Acarospora sp (una especie de hongo) pueden ser capaz de sobrevivir a los viajes interplanetarios si se protege dentro de cometas o rocas de la radiación cósmica y UV; LIFE , SPORES y SEEDS fueron experimentos que proporcionaron información sobre la probabilidad de Litopanspermia y datos básicos sobre cuestiones de protección planetaria .

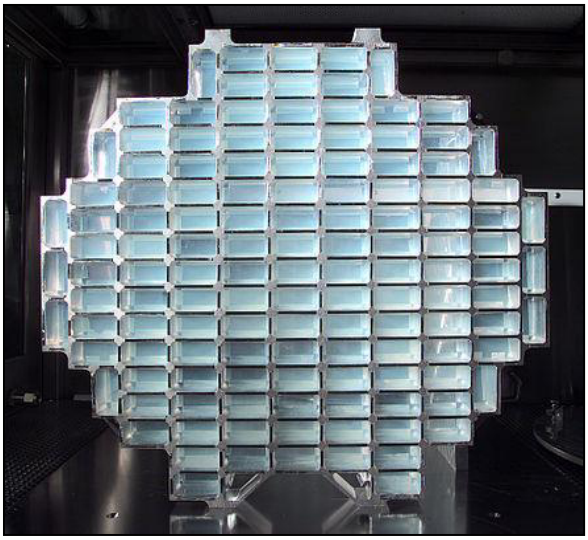
.

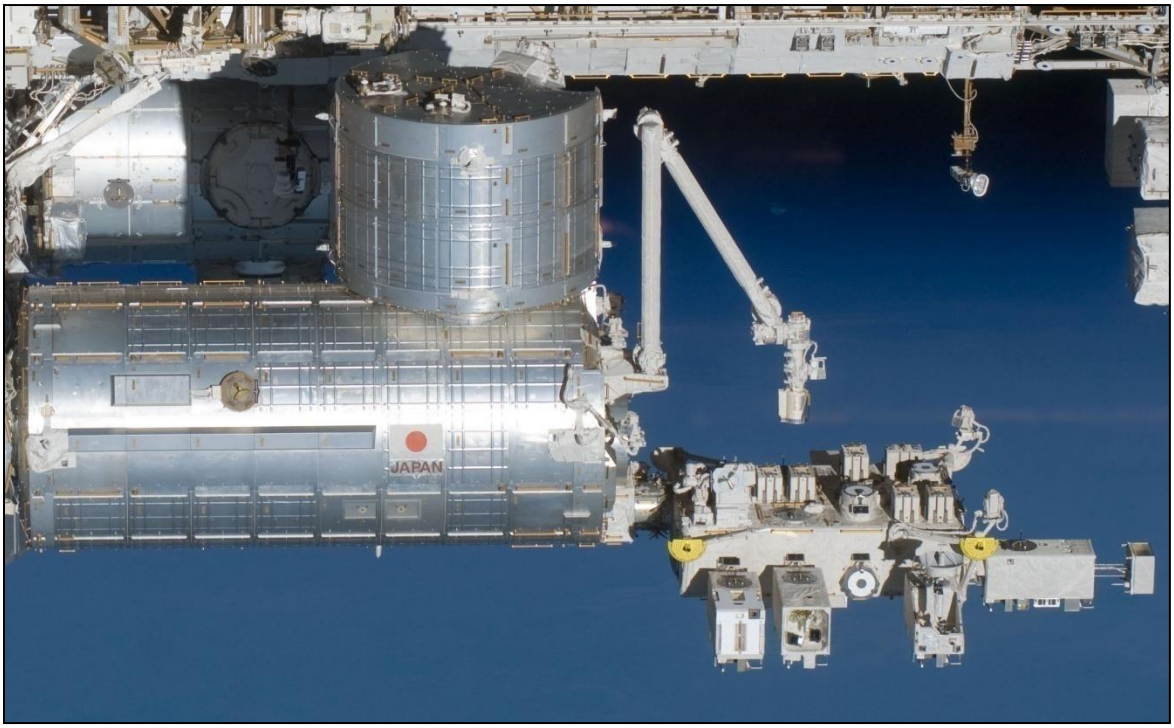


Tanpopo

Experimento de astrobiología orbital de Japón que actualmente investiga la posible transferencia interplanetaria de vida, compuestos orgánicos y posibles partículas terrestres en órbita terrestre baja, esta ubicado en la Instalación Expuesta ubicada en el exterior del módulo Kibo de la ISS, la misión recolectó polvo cósmico y otras partículas durante tres años utilizando una paleta de aerogel de sílice de densidad ultrabaja, el propósito es evaluar la hipótesis de la panspermia y la posibilidad de transporte interplanetario natural de la vida y sus precursores.

Algunos de estos aerogel se reemplazaron cada uno o dos años hasta 2018, la recolección de muestras comenzó en 2015, y las primeras muestras retornaron a la Tierra en 2016, en 2020, los científicos informaron que la bacteria Deinococcus radiodurans, que es altamente resistente a los peligros ambientales, sobrevivieron durante tres años en el espacio exterior.



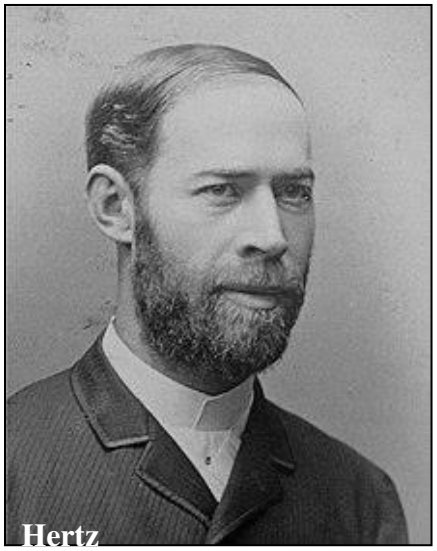


Mensajes

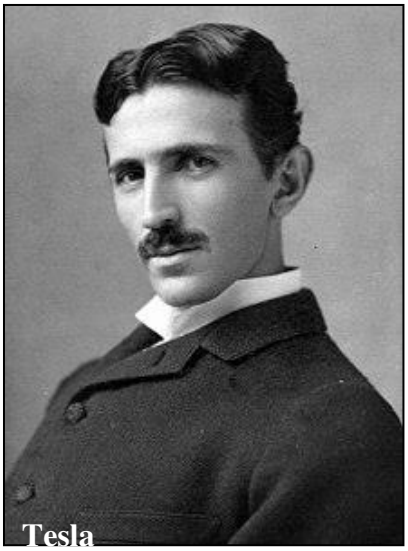
Las leyes de la física son de carácter universal, y los mismos descubrimientos que ha hecho el ser humano en la Tierra, seguramente se podrían hacer en planetas de otras estrellas, aunque quizás no en la misma secuencia.

La capacidad para emitir y recibir ondas de radio se desarrolló en nuestro planeta a remolque del desarrollo de la teoría electromagnética en los últimos 25 años del siglo XIX; el físico alemán Heinrich Hertz hizo una importante comprobación de la teoría electromagnética del físico James Maxwell al demostrar que un dipolo oscilante que se carga opuestamente en los dos extremos genera ondas electronagnéticas entre las que se incluye la radio; es probable que en otros mundos se hayan hecho infinidad de veces descubrimientos semejantes en lo que lleva de vida nuestra galaxia, es probable que, al igual que nosotros, otras civilizaciones técnicamente avanzadas hayan desarrollado la transmisión y recepción de radioondas para las comunicaciones a grandes distancias

La posibilidad de contacto con seres racionales de otros planetas fue claramente sostenida por pioneros de las transmisiones de radio, como Guillermo Marconi y Nikola Tesla, cada uno de los cuales, incidentalmente, creía haber detectado señales inteligentes de origen extraterrestre, de sus informes preliminares se derivó un gran interés popular y escepticismo científico y las noticias que se tienen actualmente de las señales que estos pioneros de la radio sostenían haber detectado son incompletas en el mejor de los casos.


Hertz

Marconi


Tesla

Nuestra civilización se puede detectar a distancias interestelares, aún cuando no nos esforcemos en anunciar nuestra existencia, las comunicaciones por radio en la Tierra no llevan más de 120 años en servicio, las primeras emisiones de radio viajan para siempre a la velocidad de la luz por el espacio interestelar a partir de la posición en que estaba la Tierra hace unos 120 años, hasta ahora la señal se ha propagado unos 120 A. L. en el espacio; si hace 60 A. L. del Sol hubiera una civilización avanzada, relativamente cercana, con avance tecnológico semejante al nuestro que pudiera captar algunas de nuestras retransmisiones locales de radio, podría haber recibido la señal hace 60 años, haberla interpretado correctamente e inmediatamente haber dirigido el haz de su respuesta hacia nosotros, estaríamos recibiendo la señal en estos días; pero si la civilización técnica más cercana se encontraría a muchos miles de A. L., tendremos que esperar un poco más.

Hay dos Bandas radioeléctricas generales de uso comercial que se transmiten por la ionosfera, una es la de toda la televisión; la otra, el extremo de alta frecuencia de la Banda AM, entre los 1000 y 1400 KH, que a veces se transmite por la ionosfera, la radiación electromagnética es el medio de comunicación interestelar más sencillo y más natural, la señal se propaga a la máxima velocidad posible (la de la luz) y la energía se puede concentrar dentro de las zonas relativamente pequeñas del cielo sin dispersión significativas en otras direcciones.

La gran cantidad de vehículos y mensajes que se envían a la vasta extensión del espacio puede convertirse en uno de los vestigios más perdurables de nuestra civilización actual, en esta empresa en particular, quedan pocos ejemplos prácticos de implementación de conocimientos adquiridos en otros elementos experimentales que podrían funcionar como emisarios mutuos de la Tierra; artefactos físicos que podrían proporcionar detalles accesibles sobre nuestro mundo actual para futuras observaciones arqueológicas de potenciales visitantes o incluso para la posteridad. Si bien crearon algunas iniciativas para investigar este perdurable dilema de la humanidad durante el último medio siglo, hay muy pocos estudios comparativos que se refieren a cómo estos objetos, cápsulas de tiempo y eventos de transmisión difunden colectivamente contenido inato sobre nuestra especie y el sistema de la Tierra que habita, los recursos culturales que actualmente pueden obtenerse de naves espaciales (material cultural no orientado a misiones que transmite una impresión de la Tierra) y transmisiones no terrestres, señales electromagnéticas que se dirigen intencionalmente a otro mundo más allá de nuestra fronteras planetarias con el fin de mostrar la diversidad de la civilización humana, la biosfera, nuestros deseos de crear bibliotecas seguras de memoria eterna para preservar la información más allá de nuestro entorno terrestre, intentos de comunicación con inteligencia extraterrestre, expresiones dentro del arte espacial y también gestos simbólicos, ideados para impartir alguna heurística profunda sobre nuestra posición dentro del universo y el tiempo cósmico.

El siguiente catálogo está dividido en una serie de subcategorías basado predominantemente en el medio utilizado para transmitir información más allá de la atmósfera terrestre, propósito de la actividad (comunicación, almacenamiento de información, evento simbólico, alcance de la misión, etc.) artefactos y eventos de transmisión que pueden cumplir con los criterios establecidos -solo se detallan los artefactos que no regresarán a la Tierra y no cuentan con misión-infraestructura orientada (comunicaciones satelitales, sondas, vehículos de lanzamiento, cargas útiles científicas) o la radiosfera, el campo involuntario de fuga electromagnética que se emite desde tecnologías terrestres, los eventos de transmisión SETI se emiten bajo una serie de criterios establecidos que incluyen una selección relevante de objetivo(s) final(es), propiedades de señal adecuadas necesarias para atravesar el medio interestelar, arreglo de recepción terrestre, contenido que denota ideologías que deberían ser comprensibles y técnicas de modulación apropiadas que teóricamente podría ser accesible para una inteligencia extraterrestre, estos mensajes también puntúan alto en la Escala de San Marino, un rango métrico utilizado para evaluar los riesgos asociados con las transmisiones deliberadas de la Tierra a otras civilizaciones.

El campo año de llegada de la señal (ubicado posteriormente al objeto celeste) indica el año estimado en que la señal alcanzaría físicamente sus objetivos establecidos, basado en mediciones de paralaje ampliamente aceptadas. Sin embargo, esto no delimita si el contenido de la señal llegará de forma legible o como paquetes de energía reconocibles por unidad de superficie del área del equipo receptor.

Transmisiones al espacio interestelar

19-11-1962; mensaje morse; HD 131336-Libra (4122); palabra MIR; transmisor: Radiotelescopio Pluton-M (Yevpatorya), Rusia, 50 kW.

24-11-1962; mensaje morse; HD 131336-Libra (4122); palabras LENIN y CCCP (abreviatura de Unión de Repúblicas Socialistas Sovieticas); transmisor: Radiotelescopio Plutón-M, Yevpatorya, Rusia, 50 kW.

Radiotelescopio Plutón-M

16-11-1974; mensaje de Arecibo a NGC 6205 Messier 13-Hércules (26974); Números (unidad base de 10), selección de elementos químicos, fórmulas de ADN, número de nucleótidos de ADN, forma de una doble hélice, gráfico humano, diagrama de planetas y antena.enviado mediante codificación binaria por desplazamiento de fase utilizando cardinalidad de 1679 bits; transmisor: Radioobservatorio Arecibo, Puerto Rico (305 m), 1 MW

Radioobservatorio Arecibo

15-08-1983; mensaje a HD 187642-Águila (1999); 13 imágenes representando definiciones de números, signos, operaciones y elementos, estructura del Sistema Solar, nucleótidos, estructura y replicación de ADN, protobiontes, medusas, peces, anfibios emergiendo del agua a la tierra, organismo vertebrado, primate, familia de humanos, número de genes y población del mundo, rostro de mujer con brazo levantado, interpretativo clave (número total de bits, longitud de onda de frecuencia de transmisión y radio de la antena, fórmula molecular para el etanol junto con palabras en inglés/japonés en binario; transmisor: Radiotelescopio Stanford, (46 m)

Radiotelescopio Stanford

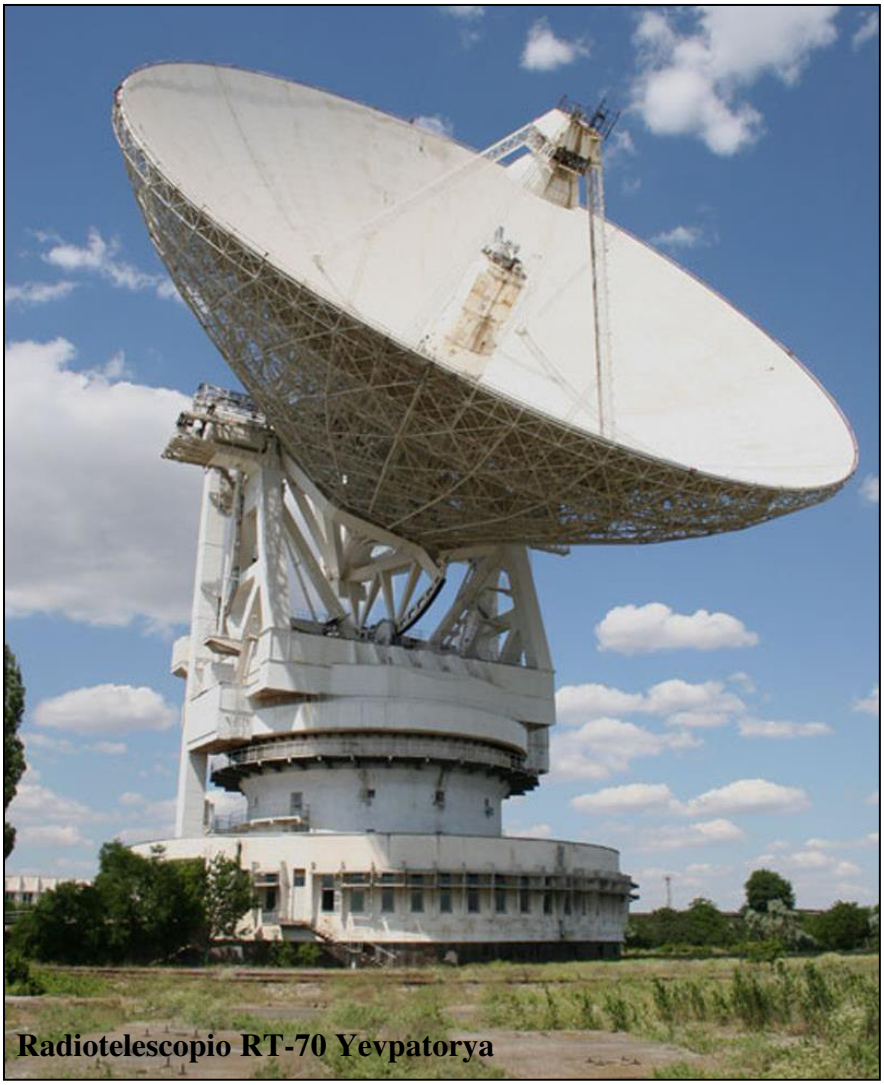
Mensajes enviados a HD 116658-Virgo; 22-08-1995 mosaico de 11×11 detallando a padres sosteniendo un niño; 20-08-1996 mosaico de 11×11 con imágen de un "extraterrestre" y un humano; 12-08-1997 mosaico de 11×11 con imágenes de un humano sonriendo, una bola de masa de arroz y té; 18-08-1998 mosaico de 11×11 con imagen de que representa 1+1=2 en iconos y números enteros arábigos; transmisor: Centro de Espacio Profundo Usuda, (NASDA) Japón (64 m)

Llamada Cósmica-1: 24-05-1999; 30-06-1999; 01-07-1999 a HD 186408-Cygnus (2069); HD 190406-Sagittarius (2057); HD 178428-Sagittarius (2067); HD 190360-Cygnus (2051), exponente del alfabeto resistente al ruido con números, conceptos matemáticos, unidades físicas, elementos químicos, físicos, biológicos, unidades astronómicas y otros en 23 páginas gráficas de 127×127 pxl; transmisor: Radiotelescopio RT-70, Yevpatoria, Rusia, (148,152, 152, 152 kW).

29-08-2001; 03-09-2001; 04-09-2001; Mensaje adolescente (TAM); a HD 197076-Delphinus (2070); HD 95128 - Ursa Mayor (2047); HD 50692-Geminis (2057); HD 126053-Virgo (2059); HD 76151-Hidra (2057); HD 193664-Draco (2059); Transmisión de 3 secciones a Onda de radio monocromática con Doppler, corrección de la rotación y el movimiento de la Tierra alrededor del Sol, concierto de 15 min. de Theremin (7 temas), logotipo de TAM, textos de saludo escrito en ruso e inglés y un glosario de imágenes de conceptos básicos terrestres, información digital enviada en binario y señales de audio de Theremin que utilizan modulación de Banda lateral única (SSB); transmisor: Radiotelescopio RT-70 Yevpatorya, Rusia, 150 kW (HD197076) y 96 kW (todas las demás).

06-07-2003; Llamada Cósmica-2a Hip 4872-Cassiopeia (2036); HD 245409-Orión (2040); HD 75732-Cáncer (2044); HD 10307-Andrómeda (2044) HD 95128- Ursa Mayor (2049); detalles del alfabeto; conceptos de números, elementos químicos, unidades físicas, biológicas, astronómicas y otros conceptos visualizados en una página gráfica (mosaico de 127 pxl de ancho) enviado en codificación de desplazamiento de fase binaria; transmisor: Radiotelescopio RT-70, Yevpatorya, Rusia, (150 kW).

09-10-2008; Mensaje de la Tierra a Hip 74995-Libra (2029); 501 mensajes de texto, fotografías y dibujos sobre las vidas de los participantes, ambiciones, vistas de la paz mundial y el planeta Tierra con imágenes de celebridades, hitos notables; transmisor: Radiotelescopio RT-70, Yevpatorya, Rusia, (150 kW).



Radiotelescopio RT-70 Yevpatorya

17-06-2013; Señal Solitaria a HD 119850-Boötes (2030); Componente de onda continua/llamada (en sistema binario que utiliza un octal intermediario para representar números, operadores matemáticos y otros símbolos) y 8201 mensajes enviados por el público; transmisor: Estación Terrestre Jamesburg, California (30 m).

Estación Terrestre Jamesburg

22-09-2013; Mensajes enviados a HD 75732-Cáncer (2053); mosaico de 11×11 pxl con imagen de padres con un niño; 23-10-2014 a HD 75732-Cáncer (2054); mosaico de 11×11 pxl del Sol y un humano; transmisor: Radiotelescopio del Centro de Espacio Profundo Usuda, Japón (64 m) 20 kW.

Radiotelescopio del Centro de Espacio Profundo Usuda

04-02-2008; mensaje a HD 8890-Ursa Minor (2442); canción de The Beatles “Across the Universe” junto con el mensaje; “Envía mi amor a los extraterrestres, todo lo mejor”, por Paul McCartney; transmisor: Complejo DSS-63 Red de Espacio Profundo Madrid, España (70 m) 18 kW.

28-08-2009; mensaje a Hip 74995, Libra 2029 (25878) mensajes de texto del público (160 caracteres de longitud) codificado en binario; transmisor: Complejo DSS-43 Red de Espacio Profundo, Canberra, Australia (70 m).

15-08-2012; mensaje a HD 54351-Géminis (2162); HD 50692-Géminis (2069); HD 75732-Cáncer (2053); 20000 mensajes de Twitter y videos de celebridades enviados en binario. Transmisor: Radioobservatorio Arecibo, Puerto Rico (305 m) 1 MW.

2013 mensaje a HD 10700-Cetus (2025); Kepler-62-Lyra (3213); 100 palabras en video; transmisor: Observatorio de Radio Algonquin, Ontario, Canadá (45 m)

10-10-2016 Una respuesta simple a un mensaje elemental; HD 8890, Osa Menor (2450) 3775 mensajes/poemas ecológicos/declaraciones presentadas por el público en 146 países, 81 citas históricas y 70 fotografías de la Tierra/ humanidad incluyendo varias copias del Mensaje de Arecibo codificadas en formato binario; transmisor: Estación de Espacio Profundo Cebreros, España (35 m), 20 kW.

15-06-2018, Transmisión conmemorativa de Stephen Hawking enviado a 1A 0620-00-Monoceros (5475); mensaje de 6 min. extraído del discurso de S. Hawking sobre la preservación del planeta, pieza musical compuesta por Vangelis; transmisor: Estación del Espacio Profundo Cebreros, España (35 m), 20 kW.

Estación del Espacio Profundo Cebreros

Transmisiones comerciales de corto alcance

Entidades comerciales que transmiten consignas públicas, el contenido de las señales dentro de esta categoría no deben ser descifrables pasado 1-3 A.L. de la Tierra y poseen un rango de temas que pueden no estar codificados correctamente para cualquiera de las aplicaciones anteriores.

1987; Mensaje de los humanos a seres al Universo (Mensaje de Nançay); Sagitario A*; (27000–29000); 10500 mensajes; transmisor: Radiotelescopio Nançay, Francia

Radiotelescopio Nançay

30-09-2006; Conexión Cósmica; HD 222404-Cefeo (2051); la humanidad a través de imágenes, sonido, películas y dibujos animados en un breve archivo de vídeo; transmisor: Radiotelescopio Estación Issus-Aussagel.

12-06-2008; HD 95128-Ursa Mayor (2050); Archivo de video de 30 seg. en binario; transmisor: Estación Radar EISCAT Svalbard, Noruega.

Estación Radar EISCAT

7-11-2009; 3 mensajes a TAN J025300.5+165258-Aries (2024), HD 20630-Aries (2022), Cetus (2039); secuencia de ADN de la fotosíntesis de proteína codificada en binario y realizada como pieza de sonido; transmisor: Radioobservatorio de Arecibo, Puerto Rico (305 m)

12-03-2010; mensajes a M42-Orión (3334); 1000 mensajes; transmisor: Estación Terrena Satelital Goonhilly, Inglaterra (32 m).

Estación Terrena Satelital Goonhilly

18-04-2010; Ópera Klingon a HD 124897-Boötes (2047) invitación para asistir a la Ópera Klingon. Transmisor Radioobservatorio Dwingeloo (25 m).

26-11-2014; mensaje a Titán (79 min); ondas cerebrales humanas (y otros organismos) registrados en tiempo real por un electroencefalograma de laboratorio antes de convertirlas en sonido para la transmisión instamtánea. Transmisor: Radioobservatorio Dwingeloo, Holanda (25 m).

Radioobservatorio Dwingeloo

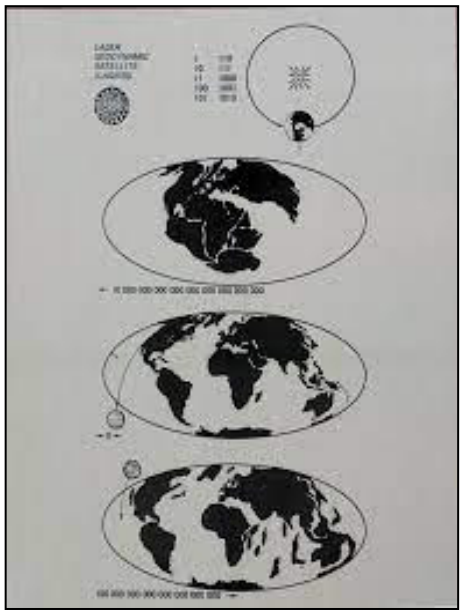
28-11-2012, mensaje a GJ 667Cc-Escorpio; 1500 tweets del mundo por vía analógica y señales digitales. Transmisor: Deep Space Communication Network (DSCN)

15-03-2005; Mensajes Craigslist-1; clip del documental 24 hrs y publicaciones. Transmisor: DSCN

11-03-2005; Mensajes Craigslist-2; mensajes públicos/anuncios/publicaciones. Transmisor: DSCN.

Objetos en órbita terrestre

Laser GEOdinamic Satellite (LAGEOS) 1, 2 y 3; 1976; cápsula del tiempo, órbita terrestre media; hoja de acero inoxidable de 10×18 cm que contiene grabado un esquema de conteo aritmético binario, gráfico de la órbita de la Tierra alrededor del Sol y proyecciones de Mollweide de la actividad tectónica cambiante de la Tierra (edad Pérmica/mapa de Pangea, la configuración actual terrestre y proyección futura en 8.4 millones de años (aproximadamente la vida útil de los satélites LAGEOS).



ISS; 2008; órbita terrestre baja (artículo más tarde colocado en tablero ISS) microchip con secuencias de ADN de 8 humanos (Stephen Hawking, Stephen Colbert, Jo García, Richard Garriott, Tracy Hickman, Laura Hickman, Matt Morgan y Lance Armstrong) copia digital del libro "Clave secreta para el Universo"

EchoStar-XVI; 2012; órbita geoestacionaria; disco de Silicio encerrado en una cobertura de Aluminio enchapado en Oro con 100 micrograbados con fotografías en B/N.

Objetos más allá de la órbita terrestre

Diversos objetos que están presentes en el espacio y que son capaces de proporcionar una percepción limitada de nuestra cultura más allá de la atmósfera terrestre, incluyendo objetos no autorizados dejados por misiones espaciales tripuladas, artículos novedosos insertados en órbita terrestre e iniciativas de arte espacial que en la actualidad todavía residen dentro de ese medio ambiente.

Apollo-11; 1969; Luna-Mare Tranquilitatis; declaraciones de 73 líderes mundiales grabado en un disco de silicona y encerrado dentro de una caja de Aluminio; pin de Oro (rama, símbolo tradicional de paz); placa de acero inoxidable con 2 mapas del hemisferio de la Tierra, inscripciones y firmas de los astronautas.

Apollo-12; 1969; Luna-Oceanus Procellarum; 6 obras de arte en miniatura de Robert Rauschenberg, David Novros John Chamberlain, Claes Oldenburg, Forrest Myers y Andy Warhol en una pequeña oblea de cerámica; placa de acero inoxidable con inscripciones y firmas de los astronautas.

Apollo-14; 1971; Luna-Fra Mauro, placa de acero inoxidable con 2 mapas del hemisferio de la Tierra, firmas de los astronautas e inscripciones

Apollo-15; 1971; Luna-Hadley Rille; placa de acero inoxidable con 2 mapas del hemisferio de la Tierra, firmas de los astronautas e inscripciónes, astronauta caído (figura de Aluminio de 8,5 cm en traje espacial).

Apollo-16; 1972; Luna-Descartes; placa de acero inoxidable con 2 mapas del hemisferio de la Tierra, inscripciones y firmas de los astronautas, fotografía del astronauta Charles Duke y su familia.

Apollo-17; 1972; Luna-Tauro-Littrow; placa de acero inoxidable con 2 mapas del hemisferio de la Tierra, mapa del lugar de alunizaje, inscripciones y firmas de los astronautas.

Las misiones Apollo dejaron 6 etapas de descenso del Módulo Lunar, 3 rovers lunares y diversos equipos que utilizaron para la investigación científica de los sitios de alunizaje y alrededores.

Apollo-11

Apollo-17

Pioneer-10/Pioneer-11, 1972, Espacio Interestelar, placa de 22x15 cm con imágenes de humanos, Sistema Solar, nave espacial y distancias estelares.

Viking-1/Viking-2; 1975; Marte-Chryse Planitia y Utopía Planitia; botón con firmas de personas que ayudaron al desarrollo de los módulos de aterrizaje Viking.

Voyager-1/Voyager-2; 1977; Espacio Interestelar; disco en Oro anodizado encerrado dentro de cubiertas de Aluminio con una colección de 116 imágenes de costumbres del planeta Tierra entre otras, una variedad de sonidos naturales de la Tierra, selección musical representando numerosas culturas y épocas, saludos hablados en 55 lenguas antiguas y modernas, sonidos humanos, actividad del cerebro humano entre otros.

Mars Pathfinder; 1996; Marte-Ares Vallis; botón con nombres.

Cassini; 1997; misión a Saturno; DVD con firmas manuscritas (incluidos C. Huygens y G. Cassini).

Huygens; 1997; Titán - Región Xanadu; CD Rom con firmas junto a textos, dibujos y música.

Mars Polar Lander; 1999; Marte-Planum Australe; CD Rom con nombres de niños de todo el mundo.

Stardust (NExT); 1999; chip de Silicio con nombres.

Mars Express; 2003, órbita alrededor de Marte; muestra de pintura roja Ferrari Rosso Corsa contenido en una esfera de vidrio sellado.

Beagle-2 (Mars Express); 2003; superficie de Marte; un indicativo de Blur (banda de música) almacenado en memoria interna para probar canal de comunicación y pintura de Damien Hirst como placa objetivo de calibración para cámaras/espectrómetros.

Hayabusa; 2003; asteroide 25143-Itokawa; firmas grabadas en una esfera de Aluminio de 10 cm.

Mars Exploration Rover (MER) Spirit y Oportunity; 2003; Marte-Cráter Gusev y Meridiani Planum; DVD de Silicio con nombres, sundial (utilizado para calibrar la cámara panorámica y educativo) tenía inscripciones adicionales y la palabra Marte en 24 idiomas.

Rosetta; 2004; Cometa 67P/Chiurumov-Gerasimenko; micrograbado en un disco de Níquel en 1500 idiomas con la Declaración Universal de Derechos Humanos en 13000 páginas con redundancia de material y un Swadesh básico (incluye un lápiz).

Deep Impact; 2005; Cometa 9P/Tempel-1; CD Rom con nombres.

New Horizons; 2006; Espacio Interestelar; CD Rom con nombres, botón con cenizas del astrónomo Clyde Tombaught; pieza de nave Space Ship One; monedas de Florida y Maryland, dos banderas de Estados Unidos, CD ROM con fotografías del equipo de la misión y nombres, sello postal de Estados Unidos de 1991, memoria interna con una enciclopedia de múltiples fuentes de imágenes digitales, archivos de audio, información sobre animales, personas, lugares, historia/eventos mundiales y datos básicos para decodificación junto con software y archivos tridimensionales enviados por el público.

Mars Phoenix Lander; 2007; Marte-Vastitas Borealis; DVD con nombres y colección multimedia de literatura/arte; emisión de radio de "La guerra de los mundos" de Wells, "Marte como morada de la vida" de Lowell, "Crónicas marcianas" de Ray Bradbury y "Green Mars" de Stanley Robinson.

Dawn; 2007; Ceres; microchip con nombres.

Kaguya (SELENE); 2007; órbita lunar; nombres impresos en una hoja de Aluminio de 160 mm^2.

TerraSAR-X; 2007; orbita sincrónica con el Sol; escultura tridimensional fijada al casco de satélite.

Kepler 2009; órbita heliocéntrica; DVD con nombres.

Lunar Ressonaissance Orbiter (LRO); 2009; órbita lunar polar excéntrica; microchip con nombres.

Akatsuki (Planet-C) 2010; órbita elíptica alrededor de Venus; nombres y mensajes en placas de Aluminio.

Ikaros; 2010; vela solar en órbita heliocéntrica a alrededor de 110000000 Km de la Tierra; nombres y mensajes en placas de Aluminio (almacenadas en las esquinas de las velas solares).

Juno; 2011; Sistema Joviano; gráfico de Galileo Galilei con párrafo escrito a mano relativo a sus observaciones de Júpiter y firma en una placa de Aluminio de 71×51 mm^2, figuras de Lego de Juno, Galileo y Júpiter en Aluminio.

Mars Curiosity; 2011; Marte-Cráter Gale; 2 microchips de Silicio con nombres, gráfico de Leonardo Di Vinci, extracto de su "Códice sobre el vuelo de las aves"

Mars Maven; 2013; órbita elíptica alrededor de Marte; DVD con nombres, 377 obras de arte de estudiantes y 1000 poemas haiku.

Hayabusa 2; 2014; Asteroide 162173-Ryugu; nombres, mensajes, ilustraciones y fotografías grabadas en el chip de memoria interna de la nave.

OSIRIS-Rex; 2016; Asteroide 101955-Bennu; nombres y dibujos en un chip de Silicio.

Mars Insight; 2018; Marte-Elysium Planitia; dos microchips con nombres.

Solar Parker; 2018; Cerca del Sol; tarjeta SD con nombres adherido a una placa con epígrafe dedicado a E. Parker

Space-X; Falcon Heavy; 2018; de camino a cerca de Ceres; coche eléctrico Tesla Roadster y maniquí adaptado al espacio en el asiento del conductor con la canción "Space Oddity" de David Bowie en la radio del coche.

Noticias

Contenidos astronómicos educativos

Debido a la pandemia mundial de COVID-19, la Sociedad Lunar Argentina (SLA) se ve imposibilitada de hacer observaciones públicas, como también charlas de manera presencial como se hicieron en el año 2019, por ese motivo creó un espacio de contenidos educativos audiovisuales relacionados a estudios lunares, cometas, Sistema Solar, astronáutica, medioambiente, entre otros, en un ciclo de charlas virtuales denominado "Astronomía en Cuarentena" a continuación los enlaces de los mismos para que los puedan disfrutar.

Ciclo "Astronomía en Cuarentena"

Luna

Paseo por la Luna Creciente https://www.youtube.com/watch?v=TNfw6CUSNBc

Observación lunar en directo https://www.youtube.com/watch?v=g71m43tjmKg

Fenómenos lunares transitorios https://www.youtube.com/watch?v=yPMU1OFPd8w

Telescopios

El telescopio, origen y construcción https://www.youtube.com/watch?v=o1iDofcNs6Y

Cometas

Los cometas, viajeros del espacio-tiempo (parte 1) https://www.youtube.com/watch?v=NPr_xj2a3oY

Los cometas, viajeros del espacio-tiempo (parte 2) https://www.youtube.com/watch?v=xihQ0ZWJ17w

Los cometas, viajeros del espacio-tiempo (parte 3) https://www.youtube.com/watch?v=bNENP7xArkM

Aporte científico de la observación visual (parte 1) https://www.youtube.com/watch?v=WFys0yXaJ18

Aporte científico de la observación visual (parte 2) https://www.youtube.com/watch?v=ide1qWEn1Lg

Técnicas observacionales de cometas (parte 1) https://www.youtube.com/watch?v=9ZdF6RGgSuw

Técnicas observacionales de cometas (parte 2) https://www.youtube.com/watch?v=HXqiq-hHHlE

Medioambiente

Los efectos del cambio climático https://www.youtube.com/watch?v=ItyIWTPCPi8

Sistema Solar

Meteorología planetaria https://www.youtube.com/watch?v=pg7rMyoQtf8

Astronáutica

Argentina en el espacio… vía satélite - Nuevos programas tripulados de la NASA y privados https://www.youtube.com/watch?v=GXT5pMci8r0

Compartiendo la pasión por la astronáutica, el espacio y la aviación estamos en

Biblioteca Instituto Nacional de Derecho Aeronáutico y Espacial (INDAE), Fuerza Aérea Argentina

Cometaria https://cometasentrerios.blogspot.com

Argentina en el espacio http://argentinaenelespacio.blogspot.com

Libros, Revistas, Intereses http://thedoctorwho1967.blogspot.com

Archivo Histórico de Revistas Argentinas www.ahira.com.ar

***Turismo Sideral* https://turismo-sideral.com.ar**

***Estación Vientos del Sur* http://vientosdelsurestacion.blogspot.com**

***Sociedad Lunar Argentina* https://sites.google.com/site/slasociedadlunarargentina**

Fuentes de información y fotos vertidas en el contenido de esta publicación

European Space Agency (ESA)

De Gouyon Matignon Louis, Derecho Espacial, Comité de Investigaciones Espaciales (COSPAR), Marte, Luna, Protección Planetaria, Tratado del Espacio Ultraterrestre (1967), 2019

Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt (DLR)

Indian Space Research Organization (ISRO)

Margareth Race, Planetary Protection, Can't Leave home without It!, the Planetary Report, 2004

Misiones Viking, Cápsula Espacial N° 42, 2019

N. He Horowitz, P. Sharpy, R. Davies, Contaminación planetaria I, El problema y los acuerdos: Marte es más hostil de lo que se suponía, Science, 1967

Nola Taylor Redd, Stardust Mission, 26-02-2019

National Aeronautics and Space Administration (NASA)

OSIRIS Rex, Eoportal ESA

Programa de Exploración Lunar Chino (CLEP), Cápsula Espacial N° 62, 2021

Quast P.; A profile of humanity: the cultural signature of Earth's inhabitants beyond the atmosphere; International Journal of Astrobiology 1-21, 2018

Sagan Carl, Vida inteligente en el Universo, 1966

Schiaparelli G.; La vita sul pianeta Marte, cap. I, 1893

Valencia Luciano, "El hombre que fue Marte", Rebelión Galáctica N° 10

Wikipedia; enciclopedia virtual

CAPSULA ESPACIAL REVISTA DIGITAL

CAPSULA ESPACIAL

capsula-espacial.blogspot.com